

Évaluation socioéconomique de Météo-France

Rapport au ministre d'État,
ministre de la Transition écologique et solidaire



ÉVALUATION SOCIOÉCONOMIQUE DE MÉTÉO-FRANCE

Rapport au ministre d'État,
ministre de la Transition écologique et solidaire

Rapporteurs

Julie de Brux, Citizing

Alice Mével, Citizing

Jincheng Ni, France Stratégie

Émile Quinet, Paris School of Economics, École des Ponts ParisTech





AVANT-PROPOS

Commandé par le ministre d'État, ministre de la Transition écologique et solidaire, et piloté par France Stratégie, ce rapport interroge la création de valeur collective générée par les données et services produits par Météo-France. La méthode de l'évaluation socioéconomique a été ici mobilisée pour calculer ces bénéfices socioéconomiques dans neuf domaines de l'économie particulièrement « météo-sensibles » : l'énergie, l'aviation, l'agriculture, les transports routiers, la vigilance en faveur de la sécurité des personnes et des biens, la défense, l'adaptation au changement climatique, les besoins quotidiens du grand public et enfin la recherche et développement.

Malgré de nombreux points de vigilance méthodologiques résultant d'une littérature économique incomplète sur ce sujet, les auteurs évaluent des bénéfices socio-économiques annuels d'une valeur au minimum comprise entre 1 et 2,5 milliards d'euros, soit un montant très largement supérieur au budget annuel de l'établissement.

Bien que les ordres de grandeur soient cohérents avec les études similaires produites dans d'autres pays, ces résultats sont difficilement comparables en raison de l'hétérogénéité des méthodes employées et du nombre de secteurs examinés.

L'étude confirme la grande utilité collective tirée des dépenses en faveur de prévisions météorologiques fiables et d'un approfondissement des connaissances relatives au changement climatique. Le financement d'une puissance de calcul supplémentaire apparaît en ce sens opportun.

Si la création de valeur collective issue des activités de Météo-France semble indiscutable, il n'en demeure pas moins souhaitable de s'interroger sur le mode organisationnel de l'établissement, potentiel levier de création de valeur supplémentaire, affectant les ratios coût-efficacité. C'est dans cette perspective que les auteurs se sont intéressés à l'organisation d'autres services météorologiques nationaux. Ils relèvent notamment des différences en matière de fléchage des

ressources allouées aux établissements. Ils suggèrent en outre de conduire des recherches plus poussées sur les bénéfices socioéconomiques liés :

- au maintien de toutes les implantations territoriales ;
- au maintien de services commerciaux au sein de Météo-France ;
- au maintien d'une recherche climatique conduite par deux organismes en France ;
- au maintien d'un modèle à aire globale en plus de celui conduit par le Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT).

Enfin, les auteurs estiment que Météo-France a le potentiel d'agir plus fortement sur l'aide à la prise de décision en aval de la chaîne de valeur, en y concentrant des moyens humains adaptés.

Gilles de Margerie
Commissaire général de France Stratégie



SOMMAIRE

RÉSUMÉ	7
INTRODUCTION – DESCRIPTION DE MÉTÉO-FRANCE ET PROBLÉMATIQUE ...	15
1. Météo-France et ses activités	15
2. Le budget et les ressources	16
3. Problématique.....	18
CHAPITRE 1 – MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉVALUATION ET APPLICATION À LA MÉTÉOROLOGIE	21
1. L'évaluation socioéconomique, pour quoi faire et comment ?	21
2. Les difficultés méthodologiques inhérentes au secteur de la météorologie	22
2.1. Une chaîne de valeur à étapes multiples	22
2.2. Une littérature académique incomplète.....	23
2.3. Des options de projet et contrefactuels à géométrie variable.....	24
CHAPITRE 2 – CALCUL DES BÉNÉFICES SOCIOÉCONOMIQUES DE MÉTÉO-FRANCE	27
1. Aviation	27
1.1. Aviation et météorologie	27
1.2. Réduction de l'accidentologie	28
1.3. Optimisation de la consommation de fioul.....	30
1.4. Coût du retard pour les compagnies aériennes.....	31
1.5. Coût du retard pour les passagers.....	33
1.6. Résultats « Aviation »	33
2. Agriculture.....	34
3. Grand public.....	35
3.1. Méthode de valorisation par les consentements à payer	35
3.2. Valeur du marché - publicité	36
3.3. Résultats « Grand public ».....	38

4. Sécurité des personnes et des biens	38
4.1. Canicules	38
4.2. Inondations – biens	39
4.3. Inondations – mortalité	40
4.4. Cyclones – DOM-TOM	40
4.5. Résultats « Sécurité des personnes et des biens »	42
5. Transports routiers	43
5.1. Accidentologie	43
5.2. Temps perdu évité grâce à la vigilance en milieu urbain	44
5.3. Temps perdu évité grâce à la vigilance en milieu interurbain	45
5.4. Questionnaires routiers	46
5.5. Résultats « Transports routiers »	47
6. Défense	47
6.1. Météorologie et Défense	47
6.2. Méthodologie de quantification	49
7. Énergie	51
7.1. Conditions météorologiques et production d'énergie	51
7.2. Méthodologie de quantification	51
8. Adaptation au changement climatique	53
8.1. Méthodologie et résultats	53
9. Recherche et Développement	55

CHAPITRE 3 – RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET COMPARAISON AVEC D'AUTRES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES NATIONAUX 57

1. Résultats socioéconomiques	57
2. Comparabilité des résultats de l'étude	59
3. Comparaisons organisationnelles avec d'autres services météorologiques nationaux	63
3.1. Juge ou partie : clarification du rôle des ministères de tutelle	63
3.2. Proximité avec les bénéficiaires : implantation territoriale et contribution active en aval de la chaîne de valeur des bénéfices socioéconomiques....	64
3.3. Missions de service public, activités commerciales et recherche : interroger la pertinence du périmètre de mission des services météorologiques nationaux	65
3.4. Modèles à aire globale : la question de la mutualisation	67

LETTRE DE MISSION 69



RÉSUMÉ

Le ministre de la Transition écologique et solidaire a demandé à France Stratégie le 24 novembre 2017 de réaliser une évaluation socioéconomique de l'ensemble des activités de Météo-France, tant en ce qui concerne les données que les services produits. Une telle étude s'inscrit dans le cadre du programme « Action publique 2022 » et doit notamment, selon les termes de la lettre de mission, prendre en considération les domaines des 21 politiques publiques visées par ce programme.

Météo-France

En réponse à cette demande, le présent rapport commence par rappeler les grandes caractéristiques de Météo-France. Cet établissement public à caractère administratif – depuis 1993 – est placé sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire. Il est le service national, couvrant la métropole et les territoires d'outre-mer, chargé d'assurer la prévision de la météorologie à différentes échéances allant de l'heure à l'année et de participer à la connaissance du changement climatique.

Les données brutes de Météo-France sont obligatoirement disponibles en libre accès (*open data*). Elles constituent la « matière première » des services conçus par les fournisseurs privés de prévision et services météorologiques, qui ne sont pas équipés des infrastructures numériques de calcul et de stockage (supercalculateur) nécessaires au fonctionnement des modèles de prévision numérique du temps. Ces fournisseurs ont accès aux sorties de modèles de Météo-France. Ils peuvent – à l'instar de Météo-France pour sa partie commerciale – présenter ces sorties sous des formats ou via des canaux différents, de sorte qu'elles deviennent des produits ou services commercialisables.

Météo-France est actif au sein de différentes instances internationales telles que l'OMM (Organisation météorologique mondiale), le CEPMMT (Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme), l'EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques), l'EUMETNET (Groupement d'intérêt économique qui rassemble les services météorologiques européens) et participe au GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

Le budget de fonctionnement de Météo-France, en constante diminution depuis 2014 (division par deux du nombre de centres territoriaux, diminution continue de la masse salariale, etc.), s'élève à un peu plus de 322,5 millions d'euros¹ en 2016. La masse salariale représente la part la plus importante de ce budget, avec environ 250 millions d'euros. Ces dépenses sont couvertes essentiellement par une subvention de l'État d'environ 200 millions, à laquelle s'ajoute une participation d'environ 85 millions de la part de la DGAC. Enfin, Météo-France réalise des recettes commerciales, d'environ 30 millions d'euros via la vente de produits et services (dans les secteurs du tourisme et de la viabilité hivernale des routes en particulier). On relèvera à ce titre que les activités concurrentielles de Météo-France sont strictement encadrées.

Principes de l'évaluation socioéconomique

Selon une procédure maintenant bien affirmée, l'évaluation socioéconomique (ESE dans la suite du texte) consiste à comparer les coûts et les bénéfices d'une action publique, les coûts comme les bénéfices étant cumulés sur l'ensemble des agents de la collectivité (et pas seulement sur l'opérateur en question) et exprimés dans une même unité de valeur, l'unité monétaire. Il est ainsi possible de comparer l'ensemble des coûts et des bénéfices de natures diverses pour la société en général.

Parmi les modalités bien connues d'exécution de l'ESE, un aspect mérite l'attention dans le cas de Météo-France : cette évaluation doit être – ne peut qu'être – différentielle entre une situation avec mise en place du projet ou du programme (appelée option de projet) et une situation sans ledit projet ou programme (appelée option de référence ou contrefactuel). Ainsi, les résultats de ces études indiquent si la valeur socioéconomique nette est plus favorable en option de référence ou en option de projet. L'option de projet dans cette évaluation correspond à la situation avec la présence et les activités de Météo-France, dans sa configuration actuelle.

Les contrefactuels, quant à eux, diffèrent d'un secteur à l'autre, en fonction de la capacité que nous avons à apprécier ce qui se passerait en l'absence de Météo-France dans chaque secteur. Pour les services rendus à la Défense nationale, ce ministère, pour des raisons évidentes de souveraineté nationale, devrait, en l'absence de Météo-France, se constituer son propre service météorologique. Le contrefactuel est la fourniture des services météo par le secteur en cause, et l'avantage procuré par Météo-France représente alors d'une certaine manière les gains de mutualisation au niveau national au sein d'une seule entité. Pour d'autres

¹ Hors « Subvention EUMETSAT » (56,73 millions d'euros) qui ne fait que transiter par les comptes de Météo-France. Source : www.meteofrance.fr/nous-connaître/meteofrance-en-bref.

secteurs, on pourrait envisager un service dégradé obtenu en faisant appel à des services météorologiques nationaux (SMN) étrangers qui permettraient, en l'absence de Météo-France, d'avoir des prévisions sur la France, de moindre qualité. Dans d'autres cas enfin, il a uniquement été possible d'estimer les améliorations en matière de prévisions intervenues au cours des dernières années et d'en chiffrer les bénéfices. C'est le cas de l'aviation : l'évaluation des bénéfices de Météo-France est faite par rapport aux performances de Météo-France d'il y a une dizaine d'années.

Une autre difficulté concerne le lien distendu entre la prévision météorologique et son bénéfice socioéconomique. En effet, la chaîne de valeur de la prévision jusqu'aux impacts socioéconomiques met en évidence plusieurs filtres réduisant potentiellement l'impact final. L'impact socioéconomique dépend ainsi de :

- la précision et l'exactitude de la prévision ;
- la plus ou moins bonne orientation de l'information vers les utilisateurs ;
- l'accès à l'information météorologique par les utilisateurs ;
- la compréhension de l'information météorologique ;
- la capacité à mettre en œuvre des réponses adaptées ;
- la pertinence effective des actions/comportements mis en œuvre ;
- l'incidence de l'action/comportement sur les coûts ou bénéfices.

Météo-France, comme tous les autres services météorologiques nationaux (SMN), n'est donc pas un « fournisseur direct » de bénéfices socioéconomiques mais un levier à bénéfices socioéconomiques. Cette chaîne à plusieurs étapes explique en grande partie la difficulté à chiffrer avec précision le rendement socioéconomique attribuable à la prévision météorologique et aux infrastructures de météorologie et de climatologie.

Enfin, d'un point de vue méthodologique, notons que plutôt que de calculer une valeur actuelle nette (VAN) sur la durée, nous proposons de calculer les coûts et bénéfices socioéconomiques pour une année, évitant ainsi de faire des projections sur les durées de retour des événements météorologiques, sur les progrès technologiques et sur la valorisation de ces progrès. Sur ce dernier point, nous nous référons aux résultats estimés dans le cadre de l'évaluation socioéconomique du supercalculateur.

Les résultats

L'ESE dans le domaine de la météorologie s'est développée très récemment. Les seules références existantes en France sont au nombre de deux, mais elles ne correspondent pas au champ de la présente étude, même si elles ont pu fournir des informations intéressantes :

- l'évaluation socioéconomique de l'augmentation de puissance du supercalculateur de prévisions météorologiques et de projections climatiques de Météo-France, réalisée par Citizing en 2016 et contre-expertisée favorablement par le Secrétariat général pour l'investissement (ex-CGI). Si l'étude sur le supercalculateur et notre ESE présentent de fortes résonances, la première calcule le surplus de valeur qui serait généré si l'investissement en faveur d'une amélioration de la prévision numérique du temps était accepté ; tandis que la seconde estime la valeur, dans l'absolu, des prévisions actuelles fournies par Météo-France. Si les méthodes de chiffrage étaient en tous points semblables, on pourrait additionner les coûts et bénéfices estimés dans l'étude sur le supercalculateur aux coûts et bénéfices calculés dans la présente étude. Cela permettrait d'obtenir une deuxième option de projet, d'un Météo-France avec une puissance de calcul accrue ;
- l'évaluation socioéconomique de la Vigilance réalisée par l'École nationale des ponts et chaussées pour Météo-France, en 2017. Les résultats sont fréquemment mobilisés dans la présente étude, puisque la problématique est similaire, même si le périmètre retenu par l'ENPC est plus restreint.

À l'étranger, seul un très faible nombre d'études analogues ont été menées par des services météorologiques nationaux. Elles ont pu constituer des points de comparaison et des sources d'information, même si elles n'évaluent pas les impacts sur le même nombre de secteurs, et si les transpositions doivent toujours être effectuées avec prudence.

Les difficultés méthodologiques, inhérentes à tout travail exploratoire où les références académiques récentes manquent, ont pu conduire tantôt à sous-estimer, tantôt à surestimer les résultats. Le caractère parfois incertain des calculs a conduit à présenter, non pas une seule valeur mais trois valeurs (haute, basse et moyenne) pour chacun des secteurs, dont les bénéfices sont évalués avec des précisions différentes. Le tableau ci-après résume l'ensemble des bénéfices socioéconomiques permis par les produits et services de Météo-France, estimés dans le cadre de cette mission et sans prendre en compte la dimension internationale.

Synthèse des bénéfices socioéconomiques, en millions d'euros

Secteurs		Basse	Moyenne	Haute
Aviation	Accidentologie (décès)	4,2	4,2	4,2
	Coût du fioul	30,1	30,1	30,1
	Coût du retard pour les compagnies aériennes	20,1	22,5	24,9
	Coût du retard pour les passagers	38,5	38,5	38,5
Agriculture		63,5	158,8	254
Grand public		72,1	83,1	94,2
Sécurité des personnes et des biens	Canicules	80	467	854
	Inondations – biens	34	85	136
	Inondations – mortalité	9,2	18,5	27,7
	Cyclones	9,6	9,6	9,6
Transports	Accidentologie (décès, blessés et dégâts matériels)	108	131,5	155
	Temps perdu – milieu urbain	35,8	43,7	51,5
	Temps perdu – milieu interurbain	1,2	2,4	3,6
	Gestionnaires routiers	2	2	2
Défense		147,2	147,2	147,2
Énergie		23,4	57,7	92
Changement climatique		376,1	489	601,8
Production d'articles scientifiques		45,9	45,9	45,9
TOTAL		1 101	1 836	2 572

Source : calcul des auteurs

Compris au minimum entre 1 et 2,5 milliards d'euros par an, les bénéfices socioéconomiques créés par Météo-France sont 3,4 à 8 fois supérieurs au budget annuel de l'établissement, ce qui suggère une importante création de valeur collective nette.

Toutefois, il convient d'interpréter ces ordres de grandeur avec précaution. En effet, la présente étude estime les bénéfices générés par Météo-France en les calculant par rapport à des situations contrefactuelles diverses selon les secteurs étudiés, et ce en raison de la rareté des travaux académiques sur le sujet. De ce fait, l'addition des résultats par poste constitue une sorte d'abus de langage.

Les biais exposés ci-dessus se retrouvent dans l'évaluation d'autres services météorologiques nationaux. Dès lors, il peut y avoir un intérêt à comparer les résultats de la présente étude avec des évaluations similaires.

Comparaison avec des évaluations similaires à l'étranger

Les ratios bénéfiques/coûts estimés par cette étude, compris entre 3,4 et 8 pour 1, montrent que Météo-France est un établissement public largement créateur de valeur collective. Les études similaires menées dans d'autres pays européens permettent de contextualiser ces résultats. C'est notamment le cas au Royaume-Uni (London Economics, 2015¹), en Croatie (Leviäkangas *et al.*, 2007²), en Suisse (Frei, 2010³) et en Finlande (Leviäkangas et Hautala, 2009⁴).

La comparaison directe des résultats est complexe : les méthodologies utilisées pour valoriser la fourniture d'information météorologique varient selon les études, avec des conséquences sur la rentabilité socioéconomique estimée.

Ainsi, par exemple, les études croate et finlandaise ne tiennent pas compte des bénéfices liés à l'adaptation au changement climatique, au secteur de la défense ou au grand public⁵. Or ceux-ci représentent entre 33 % et 54 % des bénéfices estimés par la présente étude.

L'évaluation menée par London Economics sur le Met Office semble méthodologiquement la plus proche de la présente étude. Les bénéfices socioéconomiques sont évalués sur un nombre et un type de secteurs similaires. En outre, les performances des prévisions météorologiques du Met Office et de Météo-France sont toutes deux situées à de très bons niveaux.

Or le ratio bénéfiques/coûts est estimé pour le Met Office entre 12,7 et 14 pour 1 – soit entre 2 et 3,7 fois supérieur à celui estimé pour Météo-France⁶. Cette différence significative ouvre deux champs d'interrogation :

- la différence de résultats peut provenir de la façon dont le Met Office s'assure que ses prévisions sont prises en compte et de la façon dont il contribue aux prises de décision des différents acteurs de l'économie. Cette fonction de conseil et

¹ London Economics (2015), *Met Office – General Review*, avril.

² Leviäkangas P. *et al.* (2007), « [Benefits of meteorological services in Croatia](#) », *VTT Research Notes* 2420.

³ Frei T. (2010), « Economic and social benefits of meteorology and climatology in Switzerland », *Meteorological Applications*, Vol. 17 (1), mars.

⁴ Leviäkangas P. et Hautala R. (2009), « Benefits and value of meteorological information services – The case of the Finnish Meteorological Institute », *Meteorological Applications*, Vol. 16 (253), septembre.

⁵ Les bénéfices pour le transport ferroviaire, maritime et pour l'industrie de la construction sont pris en compte.

⁶ Notons que l'étude prend en compte les bénéfices socioéconomiques pour plusieurs secteurs non estimés par la présente étude, notamment pour les industries particulièrement météo-sensibles (industries extractives, construction, etc.).

d'accompagnement en faveur des bénéficiaires peut avoir un effet majeur sur le niveau des bénéfices socioéconomiques ;

- une autre possibilité, non exclusive de la précédente, tient à une différence de ratio coût/efficacité. Cela conduit à examiner l'organisation de Météo-France et à la comparer aux organisations de services météo étrangers.

Comparaisons organisationnelles

Si l'on observe l'organisation de plusieurs services météorologiques nationaux (SMN) à travers le monde, des différences notables apparaissent. Faute de temps, l'étude n'a pas pu en analyser de manière approfondie les causes et les conséquences. Sur la base des informations mises à disposition par l'Organisation météorologique mondiale, il est néanmoins possible de relever des modes d'organisation différents à travers des exemples de SMN. S'ils ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de chaque modèle, ces exemples fournissent autant de pistes de réflexion en vue d'optimiser l'organisation de Météo-France.

En Nouvelle-Zélande, le *Meteorological Service of New Zealand Limited* (MetService) est une entreprise autonome à capitaux publics gérée par le ministère du Trésor, « propriétaire » des actions, dont l'objectif est de maximiser les revenus et la profitabilité sur la base d'un contrat commercial négocié. Au Royaume-Uni, le *Met Office* est un *trading fund*, structure au budget autonome, et le client est incarné par une unité distincte, le *Public Weather Service Customer Group*, qui fixe les exigences en matière de service public météorologique et autorise les paiements.

Ces deux structures, où les rôles du financier et du client sont nettement séparés, permettent selon l'OMM de mieux expliciter tous les services fournis et le coût associé. La mise en place d'une comptabilité analytique systématique et le renforcement de la contractualisation chez Météo-France pourrait contribuer favorablement à une évolution dans cette direction.

Par ailleurs, contrairement à Météo-France, le Met Office est centralisé et ne dispose pas d'implantations locales généralistes, ce qui ne l'empêche pas d'avoir fait le choix de la proximité avec ses bénéficiaires et clients. Avec la numérisation croissante de la prévision météorologique et la montée en puissance de la prévision probabiliste, les agents, autrefois majoritairement prévisionnistes, fournissent aujourd'hui des services d'aide à la prise de décision.

S'agissant de Météo-France, même si son réseau d'implantation a considérablement décliné en une décennie, l'établissement dispose de sept centres météorologiques interrégionaux et d'une cinquantaine de centres territoriaux. La question des centres

territoriaux peut être posée sous l'angle de leur création de valeur relativement à leurs coûts.

En outre, la question des profils et des compétences des agents de Météo-France pourrait donner lieu à des analyses plus poussées. Celles-ci pourraient prendre en compte notamment l'orientation en faveur de la prévision probabiliste (par opposition à la prévision déterministe qui prévalait largement jusqu'à récemment) et la multiplication des données d'observation de toutes origines, invitant à considérer l'option de développement des méthodes d'intelligence artificielle, qui peuvent entraîner des changements dans les qualifications souhaitables des agents.

On peut aussi s'interroger sur la pertinence du périmètre des missions de Météo-France. Aux États-Unis, le *National Weather Service* (NWS) est le SMN au sens de l'OMM. Il est placé sous l'autorité d'une administration au périmètre d'intervention plus large, la *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA). Le NWS intervient uniquement sur les activités qui relèvent de missions de service public et sur la seule la base de financements publics. La pertinence du maintien de la commercialisation de services au regard de leur rentabilité et de la confusion avec les services relevant du service public pourrait également être posée en France.

S'agissant des activités de recherche, cette structuration permet de mutualiser des structures de recherche et de dégager des synergies avec les champs de recherche connexes, ce qui pose la question des rapports entre Météo-France et l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) du Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement, deux organisations distinctes effectuant de la recherche climatique et participant également au GIEC.

Enfin, alors que tous les services météorologiques nationaux sont dotés d'un modèle à aire limitée pour effectuer leurs prévisions localisées à courte échéance au sein de l'Union européenne, seuls la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni disposent d'un modèle à aire globale en propre. Le Centre européen des prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT) dispose également d'un modèle à aire globale. On peut s'interroger sur cette dualité, et questionner à la fois la pertinence du maintien en France de prévisions globales et, à l'inverse, l'étendue de notre participation au CEPMMT.



INTRODUCTION

DESCRIPTION DE MÉTÉO-FRANCE ET PROBLÉMATIQUE

1. Météo-France et ses activités

Établissement public à caractère administratif depuis 1993, Météo-France est placé sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire. Il est le service national, couvrant la métropole et les territoires d'outre-mer, chargé d'assurer la prévision de la météorologie et la connaissance du changement climatique. Il exerce les attributions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens. Aux termes de son décret de création n° 93-861 du 18 juin 1993, « Météo-France a pour mission de surveiller l'atmosphère, l'océan superficiel et le manteau neigeux, d'en prévoir les évolutions et de diffuser les informations correspondantes. Il est aussi chargé de contribuer, au plan international, à la mémoire et à la prévision du changement climatique. »

Les principales activités de Météo-France sont les suivantes :

- la prévision numérique du temps, qui consiste à prévoir la météorologie et anticiper les phénomènes dangereux, de l'échéance immédiate jusqu'à 10 jours ;
- l'élaboration et la diffusion des connaissances relatives aux évolutions passées et futures du climat.

Les résultats des activités de Météo-France prennent la forme de produits (données météorologiques brutes) et de services conçus et développés pour s'adapter aux besoins de chacun.

Météo-France produit et diffuse notamment des avertissements via le dispositif de Vigilance météorologique pour que chacun anticipe et se protège ; conseille au quotidien ses bénéficiaires pour faire face aux aléas météorologiques et climatiques ; apporte son appui à la gestion des risques naturels, sanitaires et technologiques

(inondations, sécheresse, qualité de l'air, pollution chimique, etc.) ; contribue aux politiques d'adaptation au changement climatique.

En outre, Météo-France réalise une importante activité de formation (pour préparer les futurs spécialistes de la météo et du climat, en France et dans le monde) et de recherche et développement. La R & D vise à développer des modèles numériques permettant de réaliser les prévisions météorologiques et de réduire les incertitudes relatives au changement climatique et d'affiner la compréhension des phénomènes météorologiques, via le couplage de modèles océan-atmosphère notamment, et la prise en compte de données exogènes (données urbaines par exemple).

Météo-France est actif au sein de différentes instances internationales telles que l'OMM (Organisation météorologique mondiale), le CEPMMT (Centre européen pour les prévisions météorologiques à moyen terme), l'EUMETSAT (Organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques), l'EUMETNET (Groupement d'intérêt économique qui rassemble les services météorologiques européens) et participe au GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

Il a aussi des responsabilités internationales en matière de veille cyclonique dans la zone sud-ouest de l'océan Indien ; de sécurité en mer via la production de bulletins pour le Système mondial de détresse et de sécurité en mer ; de surveillance des nuages de cendres volcaniques sur l'Europe continentale, l'Afrique, le Moyen-Orient et l'ouest de l'Asie jusqu'à l'Inde ; de suivi de la dispersion atmosphérique de polluants en tant que centre météorologique régional spécialisé.

2. Le budget et les ressources

Pour réaliser ses activités, Météo-France dispose des moyens suivants :

- des infrastructures de mesure et réseaux d'observation avec les technologies les plus innovantes (satellites, drones, ballons, radars, stations au sol et en mer) pour une observation en permanence de l'atmosphère, du manteau neigeux et de l'océan superficiel ;
- des modèles de traitement, d'analyse et de prévision et des puissances de calcul (supercalculateurs) ;
- des moyens humains, avec environ 3 000 agents.

Le budget de fonctionnement de Météo-France, en constante diminution depuis 2014 (division par deux du nombre de centres territoriaux, diminution continue de la masse

salariale, etc.), s'élève à un peu plus de 322,5 millions d'euros¹ en 2016. La masse salariale représente la part la plus importante de ce budget, avec environ 250 millions d'euros.

Si les ressources de Météo-France proviennent en majeure partie (200 millions d'euros) de la subvention pour charges de service public versée par l'État pour couvrir les missions institutionnelles (Vigilance et services aux Armées notamment), il convient également de noter qu'environ 85 millions d'euros sont versés par la Direction de la sécurité de l'aviation civile à Météo-France, prestataire exclusif de services météorologiques de navigation aérienne pour l'espace aérien français.

Enfin, Météo-France réalise des recettes commerciales via la vente de produits et services (dans les secteurs du tourisme et de la viabilité hivernale des routes en particulier). On relèvera à ce titre que les activités concurrentielles de Météo-France sont strictement encadrées.

Les données brutes de Météo-France sont obligatoirement disponibles en libre accès (*open data*). Celles-ci constituent la « matière première » des services conçus par les fournisseurs privés de prévision et services météorologiques, lesquels ne sont pas équipés des infrastructures numériques de calcul et de stockage (supercalculateur) ni d'observations satellitaires nécessaires au fonctionnement des modèles de prévision numérique du temps. Les nouvelles techniques, satellitaires notamment, d'acquisition de données météorologiques pourraient conduire à terme à l'apparition d'offres concurrentes à celle de Météo-France, maîtrisant l'ensemble de la chaîne de valeur. Cette possibilité n'est pas d'actualité immédiate et n'a donc pas été prise en compte dans la présente étude. Il a au contraire été considéré que de par l'importance des coûts fixes de l'infrastructure numérique et d'observation, les données brutes issues des sorties de modèles sont une production s'apparentant à une activité en monopole naturel.

Ainsi, les entreprises de services météorologiques ont accès aux sorties de modèles de Météo-France, permettant à ces entreprises et à Météo-France pour sa partie commerciale, de les présenter sous des formats ou via des canaux différents, de sorte à ce qu'elles deviennent des produits ou services commercialisables.

Une séparation comptable entre les activités de service public et les activités concurrentielles est imposée à Météo-France. Le chiffre d'affaires généré à ce titre par Météo-France s'élève environ à 30 millions d'euros par an. Ses principaux

¹ Hors « Subvention EUMETSAT » (56,73 millions d'euros) qui ne fait que transiter par les comptes de Météo-France. Source : www.meteofrance.fr/nous-connaître/meteofrance-en-bref_

concurrents sont MeteoGroup et Météo-Consult / La chaîne Météo, pour le marché professionnel, en particulier dans les secteurs de l'énergie, des transports, des collectivités et des médias. D'autres sociétés se développent dans le domaine de l'aide à la décision sur la gestion du risque climatique (ClimateSecure, ou Climpact-Metnext par exemple). Enfin, les géants du web, bien que fournissant la plupart du temps des prévisions météorologiques gratuites (dont une partie provient des sorties de modèles de Météo-France), concurrencent Météo-France en matière d'information météorologique du quotidien à destination du grand public.

3. Problématique

Alors que le grand public n'a au quotidien qu'un usage dit « de confort » des informations météorologiques, les données et services que Météo-France produit jouent un rôle majeur dans l'activité socioéconomique de la France, comme pour les autres pays avancés : sécurité et régularité du trafic aérien, optimisation des déplacements aériens, terrestres et maritimes, optimisation des activités agricoles et forestières, optimisation de la construction et de l'urbanisme, sécurité des personnes et des biens, planification d'actions militaires sur les théâtres d'opérations extérieures, etc.

L'énumération de ces usages de la prévision météorologique et de la projection climatique suggère une utilité majeure du service météorologique national. Toutefois les bénéfices socioéconomiques des activités de Météo-France n'ont jusqu'ici jamais été quantifiés en France.

Le gouvernement a lancé le 13 octobre 2017 le programme « Action Publique 2022 » visant à repenser le modèle de l'action publique, en interrogeant en profondeur les métiers et les modes d'action publique au regard de la révolution numérique qui redéfinit les contours de notre société au bénéfice des usagers, des agents publics et des contribuables. Le programme « Action Publique 2022 » a identifié les domaines des 21 politiques publiques dont l'Enseignement supérieur et la recherche, la Défense, l'Outre-Mer, les Sécurités, le Soutien à l'agriculture et la forêt, la politique des Transports, l'Énergie et le Logement. Le ministre de la Transition écologique et solidaire a saisi France Stratégie le 24 novembre 2017¹ afin qu'elle réalise une évaluation socioéconomique de l'ensemble des activités de Météo-France tant en ce qui concerne les données que les services produits. Cette étude doit notamment

¹ Voir lettre de mission en annexe.

prendre en considération les domaines des 21 politiques publiques du programme « Action Publique 2022 ».

Le rapport s'organise en trois chapitres. Le premier permet de faire le point sur la méthodologie de l'évaluation socioéconomique et les limites de son application à la météorologie.

Le deuxième constitue le cœur de l'analyse de l'utilité de Météo-France, via l'évaluation des bénéfices socioéconomiques générés par l'Établissement dans de nombreux secteurs. Bien qu'entourée d'incertitudes, cette analyse met en évidence une création de valeur collective majeure.

Enfin, le dernier chapitre interroge, dans le cadre de la réflexion autour du programme « Action Publique 2022 », le mode d'action et d'organisation de Météo-France, par rapport à d'autres services météorologiques nationaux. En effet, l'indéniable valeur socioéconomique créée par Météo-France n'empêche pas de s'intéresser à son ratio coût/efficacité.

Ce rapport présente les résultats de l'étude menée.



CHAPITRE 1

MÉTHODE GÉNÉRALE D'ÉVALUATION ET APPLICATION À LA MÉTÉOROLOGIE

1. L'évaluation socioéconomique, pour quoi faire et comment ?

En période de finances publiques contraintes, l'évaluation socioéconomique vise à aiguiller le décideur public sur l'intérêt et l'utilité de lancer un projet ou un programme public : le projet ou programme crée-t-il suffisamment de valeur socioéconomique compte tenu de son coût ?

Académiquement et internationalement reconnue, la méthode de l'évaluation socioéconomique consiste en une analyse coûts-bénéfices. Les investissements publics ne se plaçant pas toujours dans la sphère marchande (défaillances de marché liées à la présence d'externalités et aux caractéristiques de monopole naturel), leur utilité ne s'évalue pas simplement à la lumière du critère de la rentabilité financière. La création de valeur d'un investissement public s'évalue plutôt à la lumière des bénéfices sociaux, économiques et environnementaux. Dans la perspective de comparer les bénéfices socioéconomiques aux coûts du projet ou du programme public, ceux-ci doivent être exprimés dans une même unité de valeur. L'unité retenue est l'unité monétaire. C'est l'exercice de la monétarisation. Celui-ci est théorique et n'implique pas de transaction marchande ; il permet uniquement de comparer l'ensemble des coûts et des bénéfices de natures diverses pour la société en général.

En outre, l'évaluation socioéconomique est une évaluation en différentiel entre une situation avec mise en place du projet ou du programme (appelée option de projet) et une situation sans ledit projet ou programme (appelée option de référence ou contrefactuel). Ainsi, les résultats de ces études indiquent si la valeur socioéconomique nette est plus favorable en option de référence ou en option de projet.

Utilisée depuis plusieurs décennies dans le secteur traditionnel des transports, cette méthode d'évaluation socioéconomique est reconnue internationalement et académiquement. Toutefois, en vue de monétariser les coûts et bénéfices socioéconomiques, faute de valeurs de référence, l'application de l'évaluation socioéconomique à d'autres domaines que celui des transports reste marginale.

Lorsque les champs sectoriels sont peu explorés, il convient de se référer aux travaux de recherche existants et de les extrapoler, avec toutes les précautions d'usage, au contexte étudié. C'est le cas de la météorologie.

2. Les difficultés méthodologiques inhérentes au secteur de la météorologie

2.1. Une chaîne de valeur à étapes multiples

Dans le secteur de la météorologie, une des premières difficultés méthodologiques concerne le lien distendu entre la prévision météorologique et son bénéfice socioéconomique. En effet, la chaîne de valeur de la prévision jusqu'aux impacts socioéconomiques met en évidence plusieurs filtres réduisant potentiellement l'impact final. L'impact socioéconomique dépend ainsi de :

- la précision et l'exactitude de la prévision ;
- la plus ou moins bonne orientation de l'information vers les utilisateurs ;
- l'accès à l'information météorologique par les utilisateurs ;
- la compréhension de l'information météorologique ;
- la capacité à mettre en œuvre des réponses adaptées ;
- la pertinence effective des actions / comportements mis en œuvre ;
- l'incidence de l'action / comportement sur les coûts ou bénéfices.

Représentation de la chaîne de valeur



Météo-France, comme tous les autres services météorologiques nationaux (SMN), n'est donc pas un « fournisseur direct » de bénéfices socioéconomiques mais un levier à bénéfices socioéconomiques. Cette chaîne à plusieurs étapes explique en grande partie la difficulté à chiffrer avec précision le rendement socioéconomique attribuable à la prévision météorologique et aux infrastructures de météorologie et de climatologie.

2.2. Une littérature académique incomplète

En France, deux études connexes à la présente ont été réalisées récemment :

- l'évaluation socioéconomique de l'augmentation de puissance de supercalculateur de prévisions météorologiques et de projections climatiques de Météo-France, réalisée en 2016 et contre-expertisée favorablement par le Secrétariat général pour l'investissement (ex-CGI). La problématique de cette étude a consisté à estimer la création de valeur supplémentaire permise par une augmentation de la puissance de calcul (permettant notamment un allongement des échéances de prévisions et une amélioration de la précision géographique des prévisions). Elle se distingue ainsi de la présente étude qui cherche à évaluer la création de valeur absolue des activités de Météo-France ;
- l'évaluation socioéconomique de la Vigilance réalisée par l'École nationale des ponts et chaussées pour Météo-France, en 2017. Tout comme la présente étude, elle a consisté en l'évaluation de la création de valeur absolue, mais elle s'en distingue par son périmètre. La présente étude mobilise l'étude de 2017, mais intègre l'évaluation de la création de valeur d'autres activités de Météo-France, produites pour d'autres acteurs.

À l'étranger, d'autres services météorologiques nationaux ont produit des études similaires à la présente. Néanmoins, toutes les études n'évaluent pas les impacts sur le même nombre de secteurs, comme l'indique le tableau ci-après. Nous faisons régulièrement référence à ces études dans le chapitre 2 et en discutons la comparabilité dans le chapitre 3.

Tableau 1 – Secteurs où des impacts sont quantifiés dans plusieurs études socioéconomiques relatives aux services météorologiques nationaux

Impacts majeurs estimés	Présente étude France	Royaume-Uni	Finlande	Croatie
Aviation	Oui	Oui	Oui	Oui
Agriculture	Oui	Oui	Oui	OUI
Grand public	Oui	Oui	Non quantifié	Non quantifié
Sécurité des personnes et des biens	Oui	Oui	Oui	Non quantifié
Transports routiers	Oui	Oui	Oui	Oui
Défense	Oui	Oui	Non quantifié	Non quantifié
Énergie	Oui	Oui	Oui	Oui
Préparation au changement climatique	Oui	Oui	Non quantifié	Non quantifié
Recherche et développement	Oui	Non quantifié	Non quantifié	Non quantifié
Transports maritimes	Non quantifié	Non quantifié	Oui	Oui
Transport ferroviaire	Non quantifié	Non quantifié	Oui	Oui
Construction	Non quantifié	Oui	Oui	Oui
Bénéfices financiers pour le fournisseur	Non quantifié	Oui	Non quantifié	Non quantifié
Autres industries (e.g. industries extractives)	Non quantifié	Oui	Non quantifié	Non quantifié

Source : auteurs de ce rapport ; Met Office – General Review, London Economics, 2015 ; Benefits of meteorological services in Croatia, Leviäkangas et al., 2007 ; Benefits and value of meteorological information services – The case of the Finnish Meteorological Institute, Leviäkangas et Hautala, 2009

Enfin, de nombreux articles académiques s'intéressent à l'impact de la prévision météorologique ou de l'amélioration de la prévision météorologique sur des secteurs précis. Source de richesse, cette précision contraint néanmoins les extrapolations. En effet, ces articles étudient l'impact d'échéances de prévisions très spécifiques, dans des régions touchées par des phénomènes météorologiques spécifiques. À titre d'exemple, l'article de Wills et Wolfe (1998) s'intéresse à l'effet de l'amélioration de la prévision météorologique à courte échéance sur le rendement des cultures de laitue dans l'État de New York. Ou encore, l'article de Hamlet *et al.* (2002) étudie l'effet de l'amélioration de la prévision saisonnière sur les revenus des producteurs d'énergie hydroélectrique le long du fleuve Columbia au Canada. Or non seulement les progrès à attendre de la prévision saisonnière sont plus spectaculaires en Amérique du Nord qu'en Europe (climat et influences océaniques particulières), mais les schémas de régulation et de formation des prix dans le secteur de l'énergie sont incomparables.

De plus, la plupart des articles datent de plus d'une dizaine d'années, ce qui est considérable compte tenu des progrès en prévision numérique du temps réalisés depuis lors.

En considérant l'ensemble de ces limites méthodologiques, nous réalisons nos meilleurs efforts pour parvenir à une évaluation chiffrée et justifiée. Pour chaque domaine/secteur, et pour chaque impact, nous cherchons à quantifier dans quelle mesure l'information météorologique en général et de Météo-France en particulier, contribue à la création de valeur.

2.3. Des options de projet et contrefactuels à géométrie variable

Comme rappelé dans la première section de ce chapitre décrivant la méthodologie générale, l'évaluation socioéconomique est une analyse en différentiel entre une option de projet et un contrefactuel.

L'option de projet dans cette évaluation correspond à la situation avec la présence et les activités de Météo-France, dans sa configuration actuelle.

Les contrefactuels, quant à eux, diffèrent d'un secteur à l'autre, en fonction de la capacité que nous avons à apprécier ce qui se passerait en l'absence de Météo-France. Dans certains cas, pour des raisons évidentes de souveraineté nationale, le secteur en question devrait, en l'absence de Météo-France, se constituer son propre service météorologique, adapté à ses besoins ; c'est le cas pour la Défense. Le contrefactuel est la fourniture des services météo par le secteur en cause, et l'avantage procuré par Météo-France représente alors d'une certaine manière les gains de mutualisation au niveau national au sein d'une seule entité.

Pour d'autres secteurs, on pourrait envisager un service dégradé obtenu en faisant appel à des services météorologiques nationaux (SMN) étrangers. La plupart des SMN fournissent des prévisions de qualité sur leurs territoires, nécessitant des données d'observation et des modèles à maillage fin. Coûteux, les modèles à maillage fin sont déployés sur des aires limitées que sont les territoires d'intérêt. Des modèles à aire globale, à maille moins resserrée existent (au Centre européen de prévisions météorologiques à moyen terme, en France, au Royaume-Uni et en Allemagne pour l'Europe), qui permettraient, en l'absence de Météo-France, d'avoir des prévisions sur la France. Ces modèles, s'ils permettent d'observer des phénomènes météorologiques à plus longue échéance, sont en revanche moins indiqués que les modèles à aire limitée, sur la courte échéance et la localisation des phénomènes.

Ainsi, en l'absence de Météo-France, utiliser les prévisions issues des modèles à aire globale d'autres services météorologiques fournirait des prévisions de moindre qualité, ou à peine utiles selon les cas ; la sécurité des personnes et des biens ou encore l'agriculture par exemple nécessitent des prévisions très locales.

Dans d'autres cas enfin, il a uniquement été possible d'estimer les améliorations en matière de prévisions intervenues au cours des dernières années et en chiffrer les bénéfices (qui sont alors des bénéfices marginaux et non absolus), alors qu'on ne saurait imaginer que le secteur survive sans météo. C'est le cas des accidents évités dans le secteur de l'aviation. Pour ce secteur, le contrefactuel est représenté par les performances de Météo-France d'il y a, par exemple, dix ans.

Le tableau ci-après résume les secteurs étudiés et les contrefactuels mobilisés.

Tableau 2 – Résumé des impacts monétarisés et des contrefactuels utilisés

Secteur	Sous-impact	Contrefactuel (ce par rapport à quoi le bénéfice socioéconomique actuel est calculé)
Aviation	Accidentologie évitée	Prévisions de moindre qualité
	Optimisation consommation de fioul	Absence de prévision
	Coût évité des retards pour les compagnies	Absence de Météo-France et utilisation de prévisions d'autres services météorologiques nationaux
	Coût évité des retards pour les passagers	Absence de Météo-France et utilisation de prévisions d'autres services météorologiques nationaux
Agriculture	Optimisation de la valeur ajoutée	Absence d'information météorologique
Grand public	Consentement à payer pour les activités touristiques	Absence d'information météorologique
	Spots publicitaires	Prix de marché vs. autres opérateurs

Secteur	Sous-impact	Contrefactuel (ce par rapport à quoi le bénéfice socioéconomique actuel est calculé)
Sécurité des personnes et des biens	Canicule	Absence de Plan national canicule, dont une partie est attribuable à Météo-France
	Inondations, dommages évités (biens)	Absence de prévision
	Inondations, morts évités	Prévision de moindre qualité
	Cyclones	Prévision de moindre qualité
Transports routiers	Accidentologie évitée – neige verglas	Prévision de moindre qualité
	Temps perdu – neige – milieu urbain	Mauvaise information qui revient à une absence d'information météorologique
	Temps perdu – neige – milieu interurbain	Mauvaise information météorologique
	Gestionnaires routiers	Valeur de marché vs. autres opérateurs
Défense	Optimisation des actions extérieures	Mise en place de leur propre service météorologique
Énergie	Adéquation entre la demande et l'offre d'énergie	Absence de prévisions météorologiques, sans report sur d'autres services météorologiques nationaux
Adaptation au changement climatique	Meilleure connaissance de la Réponse Climatique Transitoire, pour mise en œuvre d'actions d'adaptation au changement climatique	Moindres performances de Météo-France
R & D	Développement des connaissances liées à la météorologie et au climat	Absence de recherche produite sur le sujet par Météo-France (pas produite ailleurs non plus)

Source : auteurs de ce rapport

Ces précisions soulignent le caractère discutabile de l'addition des différents résultats obtenus par secteur. Toutefois, comme nous le verrons dans le chapitre 3, la comparaison des chiffres montre un ensemble d'avantages nettement supérieurs au coût total de Météo-France, prouvant amplement la rentabilité socioéconomique de l'établissement.

Enfin, sur les aspects méthodologiques, notons que plutôt que de calculer une valeur actuelle nette (VAN) sur la durée, nous proposons de calculer les coûts et bénéfices socioéconomiques pour une année, évitant ainsi de faire des projections sur les durées de retour des événements météorologiques, sur les progrès technologiques et sur la valorisation de ces progrès. Sur ce dernier point, nous nous référerons aux résultats estimés dans le cadre de l'évaluation socioéconomique du supercalculateur.



CHAPITRE 2

CALCUL DES BÉNÉFICES SOCIOÉCONOMIQUES DE MÉTÉO-FRANCE

1. Aviation

1.1. Aviation et météorologie

L'assistance météorologique à la navigation aérienne est l'une des principales missions de Météo-France. Cette assistance est régie depuis le 1^{er} janvier 2005 par les règlements communautaires du Ciel unique européen (CUE). Ces règlements, qui s'imposent directement aux États membres de l'Union européenne et aux prestataires de services de navigation aérienne autorisés à opérer dans l'espace aérien de l'Union, laissent la liberté aux États de désigner un prestataire exclusif dans leur espace aérien. Pour la France, Météo-France, prestataire certifié et désigné par l'administration au titre du CUE, est chargé de rendre le service météorologique à la navigation aérienne dans l'espace aérien français.

Susceptible d'être affecté par de nombreuses conditions météorologiques (faible visibilité causée par le brouillard, neige et verglas, précipitations intenses, orages, sables et poussières volcaniques, rafales de vent, turbulences convectives), le secteur du transport aérien est un bénéficiaire incontournable de la prévision météorologique à courte échéance. En effet, la connaissance des conditions météorologiques à venir constitue un facteur primordial pour la sécurité et l'optimisation de l'exploitation de ce mode de transport d'une part, et pour l'optimisation de la gestion des plateformes aéroportuaires d'autre part.

Dans cette section, nous quantifions les coûts évités en matière d'accidentologie par l'information météorologique à courte échéance fournie par Météo-France. Cette dernière étant exclusivement fournie, sur le territoire français, par Météo-France, ces coûts évités sont intégralement attribuables à l'action de Météo-France.

L'information météorologique constitue une aide précieuse à la décision, notamment lorsque les conditions atmosphériques sont susceptibles d'affecter la sécurité des vols et d'imposer des réductions significatives de capacité. Nous estimons le nombre de morts évités permis par les prévisions de Météo-France.

Nous proposons également de quantifier les bénéfices collectifs relatifs à l'optimisation de la gestion du secteur : pour les compagnies aériennes, la connaissance des conditions météorologiques affecte la planification des vols et de leurs trajets en route. Ainsi, les quantités de fioul nécessaires au parcours des distances dépendent en grande partie des conditions météorologiques. Nous nous penchons également sur les coûts des retards attribuables à la météo et nous estimons les retards qui prévaudraient en l'absence des prévisions fournies par Météo-France ; enfin, ces retards ont également un coût pour les passagers, utilisateurs du transport aérien, retards évités auxquels nous attribuons une valeur.

1.2. Réduction de l'accidentologie

En permettant d'éviter les conditions météorologiques dangereuses en vol et en assurant la sécurité des décollages et des atterrissages (en particulier en cas de visibilité dégradée, de vents violents et de verglas), la prévision météorologique à courte échéance, voire immédiate, à très forte résolution contribue à assurer la sécurité globale du secteur aérien.

La revue de littérature n'a pas permis d'identifier de méthode calculant les bénéfices de la prévision météorologique dans le secteur aérien, dans l'absolu. Nous mobilisons donc une méthode qui biaise vraisemblablement les résultats vers le bas, puisqu'il s'agit de quantifier les bénéfices socioéconomiques dus aux améliorations passées de prévision météorologique.

En utilisant une chaîne de valeur, l'étude conduite en 2007 pour le service météorologique national britannique (Met Office)¹ propose de quantifier le nombre de morts évités dans le secteur aérien permis par l'amélioration de la prévision météorologique. Cette chaîne de valeur s'appuie dans un premier temps sur des données de réduction historique de la mortalité dans l'aviation. La part des accidents attribuables aux conditions météorologiques et la part de la réduction de l'accidentologie attribuable aux améliorations de la prévision météorologique sont ensuite estimées.

¹ PA Consulting (2007), *Met Office – The Public Weather Service's contribution to the UK economy*, mai.

Nous extrapolons le raisonnement au cas de la France et estimons le bénéfice annuel de l'activité de Météo-France lié au nombre de morts évités dans le secteur aérien à 4,23 millions d'euros.

Détail du calcul

À défaut de statistiques historiques sur le nombre de morts dans l'aviation commerciale et militaire, nous travaillons sur la base du nombre de morts dans l'aviation générale¹. Ce nombre est passé d'une moyenne annuelle de 33,7 entre 2004 et 2011 à une moyenne annuelle de 18,6 entre 2012 et 2016², soit une réduction de 15,1 morts par an.

En suivant le raisonnement poursuivi dans le rapport du Met Office, fondé sur le National Transportation Safety Board sur les accidents d'aviation commerciale aux États-Unis, nous posons l'hypothèse que 33 % des accidents ont un lien causal avec la météo, et que 25 % de la réduction de l'accidentologie est attribuable à une amélioration de la prévision météorologique.

De la même façon que le Met Office attribue 100 % de l'amélioration de la prévision au Met Office, nous estimons que 100 % des progrès des prévisions météorologiques utilisées dans le secteur de l'aviation en France sont attribuables à Météo-France.

Ainsi, nous estimons que l'information météorologique produite par Météo-France permet d'éviter 1,25 mort par an (soit $15,1 \times 0,33 \times 0,25$). Afin de monétariser cette réduction de la mortalité, nous mobilisons la valeur de la vie humaine du rapport Quinet³. **Le bénéfice annuel que nous attribuons à l'activité de Météo-France, relatif au nombre de morts évités dans le secteur aérien, s'élève à 4,23 millions d'euros.**

Notons que cette valeur est biaisée vers le bas. Premièrement, les chiffres mobilisés concernent uniquement l'aviation générale ; l'impact de l'information produite par Météo-France sur la réduction de l'accidentologie dans l'aviation commerciale n'est ainsi pas valorisé. Deuxièmement, ces chiffres ne concernent que le nombre de morts évités : nous ne prenons en compte ni les blessés, ni les coûts psychologiques, ni les coûts des matériels détruits ou endommagés.

¹ L'ensemble du secteur de l'aviation civile, hors aviation commerciale.

² <https://fr.statista.com/statistiques/562148/nombre-de-morts-accidents-avions-aviation-generale-france/>.

³ Commissariat général à la stratégie et à la prospective (2013), *L'évaluation socioéconomique des investissements publics*, rapport de la mission présidée par Émile Quinet, septembre.

1.3. Optimisation de la consommation de fioul

En permettant l'optimisation de la quantité de fioul nécessaire pour chaque vol, les prévisions météorologiques permettent aux compagnies aériennes d'effectuer d'importantes économies de coûts, comme le montrent Von Gruenigen *et al.*¹. Leur étude, menée en Suisse, estime que l'absence de prévisions météorologiques augmenterait le coût pour les compagnies aériennes de deux manières :

- le « coût de déviation » : cette situation se présente si trop peu de fioul est embarqué, alors que les conditions météorologiques nécessiteraient des temps supplémentaires de survol de l'aéroport pour atterrir sans risque. Le manque de fioul oblige alors à effectuer une déviation pour atterrir plus tôt, mais au mauvais endroit. Ces déviations ont un coût² ;
- le « coût d'assurance » : cette situation se présente si trop de fioul est embarqué, alors que celui-ci n'est pas nécessaire pour atterrir sans risque.

Les auteurs estiment ces économies de coûts, permises grâce aux prévisions météorologiques, entre 73 et 1 780 CHF par vol (en fonction de la durée du vol).

Nous extrapolons les résultats de l'étude au cas français en utilisant les données du ministère de la Transition écologique et solidaire³, relatives au nombre de vols et à leur destination. Nous n'utilisons que les vols domestiques, ce qui permet de s'assurer qu'il s'agit bien des données de Météo-France. Notons que cela biaise probablement nos résultats vers le bas. En effet, il n'est pas improbable qu'un vol international à destination de la France utilise des données produites par Météo-France. Le coût évité de fioul pour les compagnies aériennes est ainsi estimé à plus de 30 millions d'euros annuels.

¹ Von Gruenigen S., Willemse S. et Frei T. (2014), « [Economic value of meteorological services to Switzerland's airlines: The case of TAF at Zurich airport](#) », *Weather, Climate and Society*, vol. 6, p. 264-272.

² La définition précise des coûts inclus dans l'estimation du « coût de déviation » n'est pas fournie par les auteurs.

³ www.ecologie-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/Bulletin_Stat_trafic_aerien_2016.pdf.

Détail du calcul

Afin de prendre en compte la variabilité du coût évité en fonction du temps de vol, nous séparons, suivant les résultats de Gruenigen *et al.*, les coûts par durée de vol comme suit :

- pour les vols Paris–Province et Province–Province : vols de moins de 3 heures, correspondant à un coût évité, grâce à l'information météorologique, de 73 CHF par vol ;
- pour les vols DOM-TOM – DOM-TOM : vols de moins de 6 heures, correspondant à un coût évité, grâce à l'information météorologique, de 195 CHF par vol ;
- pour les vols Paris – DOM-TOM et Province – DOM-TOM : vols de moins de 10 heures, correspondant à un coût évité, grâce à l'information météorologique, de 961 CHF par vol.

Environ 75 % de ce coût est attribuable au surplus de fioul ; nous n'utilisons que cette partie du coût afin de ne pas faire de double compte avec les impacts relatifs à la valeur du temps pour les passagers, et aux coûts des retards pour les compagnies aériennes, estimés ci-dessous.

Ainsi, en convertissant les francs suisses en euros à un taux de 0,85, nous estimons un **coût évité de fioul pour les compagnies aériennes de plus de 30 millions d'euros annuels**.

1.4. Coût du retard pour les compagnies aériennes

Les bénéfices de l'information météorologique pour les compagnies aériennes ne se limitent pas à une réduction des coûts de fioul ; elle leur permet également d'éviter d'importants coûts liés aux retards. Le rapport *Cost of air transport delay in Europe* de l'Institut de Transport aérien estime ainsi que le coût pour les compagnies aériennes est compris entre 50 et 62 €₂₀₁₆ par minute de retard. Ainsi, nous estimons que Météo-France permet d'éviter des retards dont le coût pour les compagnies aériennes est compris entre 20 et 25 millions d'euros. Ce bénéfice est également probablement sous-estimé dans la mesure où ne sont pris en compte que les retards du transport aérien de passagers et non celui du transport de marchandises.

Détail du calcul

Afin d'évaluer ce bénéfice, nous nous basons dans un premier temps sur la méthodologie mise en œuvre dans le cadre du rapport d'évaluation socioéconomique du supercalculateur de Météo-France¹, afin d'estimer le coût actuel des retards de vols. En mobilisant les données du ministère de la Transition écologique et solidaire relatives aux nombres de vols (4 119 par jour), du CODA² sur le nombre de vols subissant un retard, quelle qu'en soit la cause (31 %) et de la durée moyenne du retard en Europe (26 minutes), nous estimons à 12 117 686 le nombre de minutes de retard annuel.

Il n'est pas aisé d'estimer le nombre de minutes de retards qui surviendraient sans l'information produite par Météo-France. En l'absence de références académiques sur ce sujet, nous posons l'hypothèse que, sans Météo-France, les retards augmenteraient d'un point de pourcentage³. En d'autres termes, 32 % des vols enregistreraient des retards au départ ou à l'arrivée, au lieu de 31 %. Ainsi, le nombre de minutes de retard évité grâce à l'information produite par Météo-France est estimé à 390 893 par an.

En utilisant les résultats de l'Institut de Transport aérien sur la valorisation monétaire des retards pour les compagnies aériennes, nous trouvons que Météo-France permet d'éviter des **retards dont le coût pour les compagnies aériennes est compris entre 20 et 25 millions d'euros**. La fourchette basse correspond à l'application de la fourchette basse du coût de retards estimée par l'Institut du transport aérien (50 €₂₀₁₆), tandis que la fourchette haute s'établit à 63,643 €₂₀₁₈ (62 €₂₀₁₆) par minute de retard. Une fourchette intermédiaire, correspondant à la moyenne arithmétique des deux fourchettes, est également estimée.

Notons que la fourchette haute ne correspond pas à une estimation maximale de l'impact. En effet, même si elle a été calculée en appliquant la valeur haute de la minute de retard, elle mobilise toujours l'hypothèse conservatrice selon laquelle Météo-France ne contribuerait qu'à un point de pourcentage de retard. Or celle-ci est selon toute vraisemblance sous-estimée.

¹ Citizing (2016), « Évaluation socioéconomique du projet d'augmentation de puissance du supercalculateur de Météo-France », automne.

² Central Office of Delay Analysis, Eurocontrol.

³ Cette hypothèse conservatrice convient à la prise en compte de l'impact, sans risque de biais d'optimisme, à défaut de valeur calculée dans la littérature économique. Sans Météo-France, les compagnies pourraient utiliser les prévisions météorologiques fournies par d'autres services météorologiques nationaux, issues de modèles à résolution moins fine sur le périmètre des aéroports français. Les auteurs de l'étude recommandent de lancer des travaux en ce sens.

1.5. Coût du retard pour les passagers

Afin de valoriser les bénéfices de la réduction des retards permis par Météo-France pour les passagers, nous mobilisons la même stratégie que pour les coûts évités de retards pour les compagnies aériennes. Aussi, nous nous basons sur le nombre de 390 893 minutes de retard évitées grâce à l'information produite par Météo-France. Afin de connaître le nombre moyen de passagers par vol, nous nous basons sur les données du ministère de la Transition écologique et solidaire. En 2016, 1,5 million de vols ont transporté 154,62 millions de passagers. Ainsi, un vol transporte, en moyenne, 102 passagers. En mobilisant la valeur du temps pour le transport aérien (de 58,01 €₂₀₁₈ par personne et par heure), **le coût évité des retards pour les passagers permis par Météo-France est de 38,5 millions d'euros annuels.**

1.6. Résultats « Aviation »

Nous récapitulons dans le tableau ci-après les bénéfices socioéconomiques calculés pour le secteur aérien. Notons qu'il s'agit ici des bénéfices liés à l'information météorologique pour le secteur et qu'en ce sens, d'une part, nous n'avons pas précisément calculé les bénéfices liés à Météo-France (nous avons fait l'hypothèse que les bénéfices de l'information météorologique lui étaient attribuables) ; et d'autre part, la façon de calculer ces bénéfices tient insuffisamment compte des performances des prévisions fournies par Météo-France.

**Tableau 3 – Récapitulatif des bénéfices pour le secteur de l'aviation,
en millions d'euros**

	Basse	Moyenne	Haute
Accidentologie (réduction du nombre de morts)	4,2	4,2	4,2
Coût du fioul	30,1	30,1	30,1
Coût du retard pour les compagnies aériennes	20,1	22,5	24,9
Coût du retard pour les passagers	38,5	38,5	38,5
TOTAL	93	95,4	97,8

Source : calcul des auteurs

2. Agriculture

En France, la valeur ajoutée du secteur agricole est de 25,4 milliards d'euros¹. La France dispose de la plus importante production agricole à l'échelle européenne, et occupe notamment le premier rang européen pour la production de céréales et de betteraves sucrières. C'est également un secteur fortement créateur d'emplois, avec plus de 922 000 personnes participant régulièrement au travail des exploitations agricoles².

L'agriculture est un secteur particulièrement météo-sensible³ et tire des bénéfices importants de la prévision météorologique à court terme. EUMETSAT⁴, qui conduit une analyse de la contribution des observations satellitaires à la prévision météorologique et à ses impacts, commence par estimer les bénéfices socioéconomiques fournis par la prévision météorologique dans un certain nombre de secteurs. Il estime ainsi qu'entre 0,25 % et 1 % de la valeur ajoutée du secteur agricole est attribuable à l'information météorologique à court terme. Cette fourchette est reprise dans les estimations faites par Gray⁵ et London Economics⁶.

Nous utilisons la fourchette estimée par EUMETSAT et estimons que les **bénéfices de l'information météorologique pour l'agriculture sont compris entre 63 et 254 millions d'euros par an**. Nous posons ainsi l'hypothèse que 100 % de l'information météorologique à court terme utilisée dans le secteur agricole est attribuable à Météo-France. Cette hypothèse paraît plausible, compte tenu de la nécessaire finesse de résolution des prévisions nécessaires à l'optimisation de la production dans ce secteur.

Bien qu'entourée d'incertitude en raison de la rareté des études académiques récentes sur lesquelles nous baser pour estimer l'impact de l'information météorologique pour le secteur agricole, l'estimation ici fournie est vraisemblablement biaisée vers le bas. En effet, les articles cités par EUMETSAT avant dérivation du 0,25 % à 1 % s'intéressent majoritairement aux impacts de l'amélioration de la prévision météorologique et à la valeur absolue de l'information météorologique.

¹ www.insee.fr/fr/statistiques/2569446?sommaire=2587886.

² <https://ue.delegfrance.org/l-agriculture-francaise-en-3038>.

³ Gray, par exemple, classe le secteur agricole (avec les secteurs de la construction, de l'énergie, de l'extraction et des transports) comme particulièrement dépendant des conditions météorologiques ; Gray M. (2015), *Public Weather Service Value for Money Review*, London: Public Weather Service Customer Group, mars.

⁴ EUMETSAT (2014), *The Case for EPS / METOP Second Generation: Cost Benefit Analysis*.

⁵ Gray M. (2015), *op. cit.*

⁶ London Economics (2015), *Met Office – General Review*, avril.

3. Grand public

Le grand public s'intéresse quotidiennement aux prévisions météorologiques pour ajuster au mieux un certain nombre de comportements : la façon de se vêtir et la planification d'activités en plein air par exemple. Si cette information météorologique est accessible gratuitement, elle n'est pour autant pas exempte de valeur.

Nous proposons deux méthodes pour approcher cette valeur : la méthode par la révélation des consentements à payer et la méthode par la valeur du marché des spots publicitaires encadrant les informations météorologiques télévisées. L'écart entre les deux estimations détermine la fourchette haute et la fourchette basse de la valeur socioéconomique attribuée à l'information météorologique par le grand public.

3.1. Méthode de valorisation par les consentements à payer

Plusieurs études ont estimé le consentement à payer du grand public pour l'accès à l'information météorologique. Lazo *et al.*, NOAA, EUMETSAT estiment le consentement à payer pour l'information météorologique du grand public, hors situations extrêmes (couvertes par la vigilance). EUMETSAT retient une valeur par foyer de 20 euros.

Toutefois, étant donné la diversité des sources d'information et des canaux de diffusion de l'information météorologique, nous ne pouvons exclure l'idée selon laquelle, si Météo-France n'existait pas, les ménages consulteraient d'autres sites web ou applications, fournissant des informations météorologiques issues des modèles de prévision numérique du temps d'autres services météorologiques nationaux dotés de modèles à aire globale. Ainsi, utiliser ces consentements à payer pourrait conduire à surestimer la valeur de l'information fournie par Météo-France.

Pour autant, nous soutenons qu'il existe des moments où une information fine et localisée est particulièrement attendue. Ces moments concernent les activités récréatives et de tourisme. Si les organismes dotés de modèles à aire globale (CEPMET, UK Met Office, DWD allemand, NOAA américaine notamment) sont capables de fournir des informations météorologiques avec des mailles distendues, il n'en demeure pas moins que seul un modèle à aire limitée à très fine résolution peut fournir ces informations localisées. Ainsi, nous soutenons que Météo-France est le plus à même de les fournir. Nous nous basons alors sur l'article de Rollins et Shaykewich (2003)¹, qui estiment un consentement à payer pour les activités

¹ Rollins K. et Shaykewich J. (2003), « [Using willingness-to-pay to assess the economic value of weather forecasts for multiple commercial sectors](#) », *Meteorological Applications*, vol. 10, n° 1, p. 30-38.

récréatives de 1,38 dollar, et de 1 dollar pour l'hôtellerie, par foyer et par activité. Nous retenons une valeur de 1 euro par ménage et par activité.

Nous collectons ensuite les données Eurostat¹ concernant le nombre de voyages touristiques domestiques (*personal*) en France (158 642 404 en 2016), et la taille moyenne des foyers, estimée par l'Insee² (2,2 personnes). Par cette méthode, nous estimons le **consentement à payer du grand public pour un service tel que celui de Météo-France pour ses activités touristiques à 72 millions d'euros par an.**

3.2. Valeur du marché - publicité

Une deuxième méthode est testée pour estimer la valeur que revêt l'information météorologique pour le grand public : elle consiste à utiliser les prix de marché des spots publicitaires au moment de la diffusion de la météo. Plus les marques estiment que l'audience sera forte au moment de la diffusion des informations météo, plus elles seront prêtes à enchérir sur le prix du spot publicitaire. Le prix du spot publicitaire qui précède ou suit l'information publicitaire est donc une façon indirecte d'estimer la valeur de cette information. La fourniture des bulletins météorologiques aux chaînes télévisées fait partie des activités ouvertes à la concurrence. Météo-France n'est donc pas titulaire de tous les marchés. Toutefois, nous considérons que les sorties de modèles de Météo-France sont largement utilisées par les autres fournisseurs de bulletins météo, ce qui nous conduit à penser qu'une large partie de la valeur est attribuable à Météo-France. Dans le cas où cette hypothèse mènerait à une surestimation, celle-ci est contrebalancée par le fait que nous ne tenons pas compte des bulletins météorologiques radiophoniques. Avec cette méthode, nous estimons la **valeur de l'information météorologique pour le grand public de 94,2 millions d'euros annuels.**

Détail du calcul

Nous posons dans un premier temps l'hypothèse d'une vingtaine de chaînes, nationales et régionales, de grande audience, qui diffusent la météo.

Nous estimons dans un second temps le prix d'un spot publicitaire pour l'ensemble de ces chaînes, en nous appuyant sur le prix d'un spot publicitaire pour deux chaînes, TF1 et une chaîne du service public.

¹ <http://ec.europa.eu/eurostat/web/tourism/data/database>.

² www.insee.fr/fr/statistiques/2012714#tableau-TCRD_006_tab1_departements.

Pour **TF1**¹, nous prenons en compte les trois diffusions de la météo aux heures de grande écoute : le midi, le soir avant le journal de 20 h et le soir après le journal de 20 h. Le coût d'un spot publicitaire de 30 secondes est d'environ 22 000 euros au moment de la météo du midi (13 h 45 - 13 h 55), d'environ 40 000 euros le soir avant le journal (19 h 55 - 20 h), et d'environ 60 000 euros le soir après le journal (20 h 40 - 20 h 43). Ainsi, nous estimons un prix total de 122 000 euros par jour.

Pour **une chaîne de l'audiovisuel public**², nous prenons en compte deux diffusions de la météo : le midi et le soir. Le coût d'un spot publicitaire de 30 secondes au moment de la météo du midi est d'environ 7 000 euros. Il n'y a pas de spot publicitaire au moment de la météo du soir, car celle-ci est diffusée après 20 h. Nous retenons ainsi un prix total de 7 000 euros par jour. Notons que France 2 étant une chaîne publique, deux facteurs biaisent cette valeur vers le bas :

- la publicité étant interdite sur les chaînes publiques le soir, nous ne pouvons estimer la valeur d'un spot de publicité au moment de la météo du soir. Cela ne veut toutefois pas dire que la météo du soir n'a pas de valeur ;
- TF1 ne dépend que de ses revenus publicitaires, alors que les chaînes de l'audiovisuel public reçoivent également des financements publics. Il est ainsi fortement probable que les prix pratiqués par ces chaînes ne représentent pas la réelle valeur de marché.

En moyenne, entre les chaînes publiques et privées, nous estimons ainsi un prix journalier de 64 500 euros par chaîne par jour. Pour les chaînes les plus regardées, ce prix est sûrement sous-estimé, et surestimé pour les moins regardées.

Notons également que les publicités au moment de la météo jouxteront en général aussi le journal ; une partie de cette valeur est donc attribuable au journal. Nous estimons la part de la valeur attribuable à la météo à 0,2. Ainsi, avec cette méthode, nous estimons la **valeur de l'information météorologique pour le grand public à 94,2 millions d'euros annuels**.

¹ www.tf1pub.fr/pdf-commercial/tarifs-tf1-mars-avril-2018.

² Nous raisonnons ici, de manière fictive, avec l'une des chaînes de France Télévisions dans le seul intérêt du calcul, dans la mesure où la structure de revenus et le marché publicitaire y sont spécifiques comparativement à toutes les autres chaînes ; www.francetvpub.fr/content/uploads/2018/02/tarifs-france-2-secteur-1-mai-aout-2018.pdf.

3.3. Résultats « Grand public »

Consentement à payer (= Basse) : 72,1 millions d'euros.

Valeur du marché (= Haute) : 94,2 millions d'euros.

Bien que mettant en évidence un écart de 20 millions d'euros, ces deux méthodes d'estimation de la valeur de l'information météorologique produite par Météo-France donnent des ordres de grandeur de résultats convergents. Nous utilisons le résultat de la méthode des consentements à payer pour la fourchette basse et la méthode de la valeur de marché pour la fourchette haute, ce qui va dans le sens de la prudence, car on pourrait argumenter que les deux méthodes ne portant pas sur les mêmes effets, elles sont pour une part à additionner.

4. Sécurité des personnes et des biens

Pour estimer la valeur des impacts des activités de Météo-France relatives à la sécurité des personnes et des biens, nous nous appuyons sur le travail d'évaluation des bénéfices socioéconomiques réalisé en 2018 par un groupe de travail de l'École nationale des ponts et chaussées¹.

Nous retraçons leurs conclusions concernant la vigilance canicule, les inondations et la vigilance cyclonique.

4.1. Canicules

Afin d'évaluer l'impact de Météo-France sur la mortalité lors des épisodes caniculaires, le rapport estime dans un premier temps la surmortalité lors de ces épisodes. Pour chaque département touché par un épisode caniculaire, la mortalité des plus de 65 ans pendant l'épisode caniculaire dans le département concerné est comparée à la mortalité de cette même tranche d'âge observée sur les trois années précédentes, sur la même période de l'année, sans épisode caniculaire. En s'appuyant sur la littérature, une estimation haute et une estimation basse du nombre de morts évités grâce au Plan national canicule est fournie. Avec cette méthode, nous estimons le gain lié au nombre de morts évités grâce aux services de Météo-France entre 80 et 854 millions d'euros.

¹ Bœuf B., Chalandre R., Ha K., Plantier T. et Yacine Y. (2018), *L'évaluation des bénéfices socioéconomiques liés à l'action de Météo-France dans le domaine de la sécurité des personnes et des biens ou de l'aéronautique*, rapport du Groupe d'analyse de l'intervention publique pour le mastère PAPDD, École nationale des ponts et chaussées. Rapport appelé ci-après « rapport de l'ENPC ».

Détail du calcul

En nous appuyant sur cette méthodologie, nous estimons le nombre de morts annuels évités entre 473,2 et 1 261,9 annuels. La part attribuable à Météo-France est, à dire d'experts, évaluée entre 5 % et 20 %.

Calcul

Fourchette basse : $473,2 * 0,05 * 3\,385\,320 \text{ €} = \mathbf{80 \text{ M€}}$

Fourchette moyenne : moyenne haute / basse = **467 M€**

Fourchette haute : $1261,9 * 0,2 * 3\,385\,320 \text{ €} = \mathbf{854 \text{ M€}}$

Le facteur 10 entre la fourchette basse et la fourchette hausse indique l'incertitude sur l'estimation du contrefactuel. En effet, il est délicat d'estimer le nombre de morts qui aurait prévalu en l'absence de canicule. En d'autres termes, on mesure de façon incertaine la proportion dans laquelle la canicule est responsable des décès.

4.2. Inondations – biens

Dans le rapport du groupe de travail de l'ENPC, les coûts des inondations évités grâce à Météo-France sont estimés de quatre façons :

1. *Extrapolation de la littérature* : Pappenberger, Cloke *et al.* (2015) estiment les bénéfices liés aux inondations grâce à la prévision en Europe. L'estimation est extrapolée au cas français, pour un total de **126 à 188 millions d'euros annuels**.
2. *Transposition de la méthode employée au Royaume-Uni à la France* : le Met Office pose l'hypothèse que les dommages sur la santé et le bien-être représentent 50 % des dommages matériels. En France, les dommages annuels, dus aux inondations, sur les propriétés s'élèvent à 530 millions d'euros par an en moyenne. En y ajoutant 50 %, le dommage total s'élève à 795 millions d'euros. Sur la base de la chaîne de valeur, la part des dommages évités grâce à Météo-France est entre **35,7 et 71,5 millions d'euros**.
3. *Chaîne de valeur* : la mise en place d'une chaîne de valeur, concernant la qualité de prévision, l'accès à l'information, la compréhension de l'information et la proportion de personnes prenant des précautions lors d'une crue permet d'aboutir à une valeur de l'information vigilance de Météo-France comprise entre **34 et 120 millions d'euros**.
4. *Courbe de Day* : une adaptation de la Courbe de Day permet d'évaluer l'impact de la vigilance sur les inondations entre **55 et 136 millions d'euros**.

Ainsi, le rapport conclut (en excluant la méthodologie 1¹) à des bénéfices compris **entre 34 et 136 millions d'euros**. Nous excluons également la méthodologie 2 qui prend en compte les effets sur la santé, alors que nous cherchons dans ces paragraphes à nous focaliser sur les dommages évités concernant les biens matériels. Les estimations produites avec cette méthodologie étant incluses dans la fourchette de bénéfices utilisée par l'ENPC, nous utilisons également une fourchette ainsi comprise **entre 34 et 136 millions d'euros**.

4.3. Inondations – mortalité

Le coût évité de mortalité liée aux inondations, extrapolé à partir d'un épisode d'inondation dans le Var, est estimé **entre 9,2 et 27,7 millions d'euros**.

Détail du calcul

Afin d'estimer le coût évité de mortalité liée aux inondations, ce rapport se base sur une intervention ayant permis de sauver 300 personnes dans le Var les 15 et 16 juin 2010. En posant l'hypothèse d'une durée de retour de 11 ans pour ce type d'évènements, on dérive une estimation de 27,3 morts évités par an. En imputant 10 % à 30 % (ratio estimé par le rapport en se basant sur les éléments qualitatifs du rapport EUMETSAT 2014) de ces morts évités à l'action de Météo-France, on estime entre 2,73 et 8,18 le nombre annuel de morts évités grâce à l'action de Météo-France. En utilisant la valeur tutélaire de la vie humaine, le coût socioéconomique évité s'élève à :

Fourchette basse : $3\,385\,320 \text{ €} \times 2,73 = \mathbf{9,2 \text{ M€}}$

Fourchette moyenne : moyenne haute / basse = **18,5 M€**

Fourchette haute : $3\,385\,320 \text{ €} \times 8,18 = \mathbf{27,7 \text{ M€}}$

4.4. Cyclones – DOM-TOM

Afin de valoriser le bénéfice permis exclusivement par Météo-France en matière de dégâts cycloniques, nous nous concentrons sur Mayotte et la Réunion. En effet, l'Organisation météorologique mondiale a mis en place un système de surveillance

¹ Celle-ci est mise en place, mais non retenue dans le bilan final de l'évaluation de l'ENPC, pour deux raisons : les approches par chaîne de valeur permettent une meilleure comparabilité avec les autres vigilances ; une extrapolation de l'étude européenne au cas français en se basant sur le PIB est contestable pour les dommages d'inondations.

cyclonique mondial dans laquelle Météo-France est en charge de la surveillance de toutes les dépressions tropicales, depuis leur formation jusqu'à leur disparition dans l'océan Indien, alors que la NOAA (services météorologiques américains) l'est dans les Caraïbes, par exemple. Météo-France reste toutefois responsable de la prévision météorologique, y compris cyclonique, et conseille les autorités et la sécurité civile pour la mise en œuvre des plans « cyclone » à la Réunion, Mayotte, en Nouvelle-Calédonie, en Polynésie française, à Wallis et Futuna, la Martinique, la Guadeloupe, Saint-Barthélemy et Saint-Martin. En conclusion, le rapport retient les territoires de Mayotte et de la Réunion, seuls territoires où Météo-France est à la fois responsable de la surveillance et de la prévision cyclonique.

À partir des montants observés des pertes économiques et du nombre de morts lors des derniers épisodes cycloniques, nous estimons à 9,6 millions d'euros les coûts évités grâce à Météo-France. Cette estimation est probablement une sous-estimation. Nous y voyons deux raisons :

- l'ensemble des dommages matériels causés par l'activité cyclonique n'a pu être estimé. De plus, les dommages immatériels – physiques, psychologiques – ne sont pas pris en compte ;
- l'estimation concerne uniquement l'île de La Réunion, alors que Météo-France contribue aux prévisions météorologiques d'autres territoires exposés au risque cyclonique, français et non français tels que les Antilles.

Détail du calcul

Nous estimons dans un premier temps les dommages moyens annuels dus à l'activité cyclonique à Mayotte et la Réunion. Nous n'avons pas identifié de cyclones ayant généré de dégâts tangibles à Mayotte ; l'ensemble des données présentées ci-dessous concerne la Réunion. Une liste exhaustive des cyclones et de leur impact sur l'île n'ayant pas été établie, nous nous appuyons sur les cyclones identifiés par Citizing (2016) :

Année	Nom	Pertes économiques	Morts
1980	Hyacinthe	100 000 000 €	25
1987	Clotilda	Dégâts très importants	9
1989	Firinga	150 000 000 €	4
1993	Colina	Dégâts importants	2
2002	Dina	130 000 000 €	6 (faute de soins)
2007	Gamède	40 000 000 €	2

2013	Dumile	Peu de dégâts aux infrastructures	0
2014	Bejisa	65 000 000 €	1
	Total	485 000 000 €	49
	Annuel	13 857 142,86 €	1,4

Nous retenons le délai de 48 heures, moyenne arithmétique des délais limites de la pré-alerte cyclonique¹, comme temps d'anticipation attribuable à Météo-France de la survenue d'un cyclone, ensuite l'hypothèse que, grâce à Météo-France, l'arrivée d'un cyclone sur l'île est prévue au moins 48 heures en avance.

La courbe de Day met en relation le temps d'anticipation des événements et la part des dommages évités. En nous appuyant sur cette courbe, et sur le temps de « prévenance » des cyclones, nous estimons que 34 % des dommages sont évités grâce à Météo-France, par rapport à une situation sans service météorologique, sans aucune information à l'avance.

Calcul

Coût annuel de mortalité cyclonique : 1,4 mort x 3 385 320 € = 4,7 M€

Coût annuel total des dommages cycloniques (matériels et vies humaines) : 4,7 M€ + 13,9 M€ = 18,6 M€

Estimation des dommages totaux en l'absence de prévision (sans Météo-France) : 18,6 / 0,66 = 28,2 M€

Delta attribuable à Météo-France = **9,6 M€**

4.5. Résultats « Sécurité des personnes et des biens »

Tableau 4 – Résultats « Sécurité des personnes et des biens », en millions d'euros

	Basse	Moyenne	Haute
Canicules	80	467	854
Inondations – biens	34	85	136
Inondations – mortalité	9,2	18,5	27,7
Cyclones	9,6	9,6	9,6
TOTAL	132,8	580,1	1 027,3

¹ <https://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-general-review-march-2016/>.

5. Transports routiers

Nous nous appuyons ici également sur l'évaluation des bénéfices socioéconomiques, conduite par le groupe de l'ENPC en 2018, concernant les actions de Vigilance réalisées par Météo-France. Notons que cette section se concentre uniquement sur le phénomène de neige-verglas.

5.1. Accidentologie

Le rapport cité ci-dessus se focalise sur le phénomène de neige-verglas et procède par une chaîne de valeur pour estimer les coûts évités grâce à Météo-France lors des épisodes neige-verglas. Ces coûts évités sont estimés entre 108 et 155 millions d'euros.

Détail du calcul

D'après l'ONISR, le coût des accidents corporels et matériels s'élève à 32,8 milliards d'euros, y compris le nombre de morts, valorisé à la valeur de la vie humaine.

D'après l'IFSTTAR, ce coût est de 47 milliards d'euros.

Nous cherchons désormais à estimer le coût des accidents liés au phénomène neige-verglas :

- 30 % des accidents mortels ont lieu pendant la période de viabilité hivernale ;
- le coût des accidents dans la période hivernale est donc compris entre $(32,8 \times 0,3)$ 9,84 et $(47 \times 0,3)$ 14,1 milliards d'euros ;
- 10 % de ces accidents sont liés à la météorologie (rapport GT ENPC) ;
- 50 % des accidents liés à la météorologie sont liés au phénomène neige-verglas (rapport GT ENPC) ;
- le coût du phénomène neige-verglas est donc compris entre 492 et 705 millions d'euros.

Enfin, par une chaîne de valeur, nous estimons les coûts que la vigilance météorologique délivrée par Météo-France permet d'éviter. On considère :

- une fiabilité de la prévision de 86 % (moyenne triennale) ;
- un accès à l'information de 75 % (Sihvola *et al.*, 2008 ; enquête du Crédoc, 2014) ;
- une compréhension de l'information de 85 % (Sihvola *et al.*, 2008) ;
- un changement comportemental de 40 % (Lazo et Chesnut, 2002) ;

– une efficacité du changement de 80 % (Innammaa *et al.*, 2010).

Ainsi, la part de coûts évités, grâce à l'information météorologique, est de $0,86 \times 0,75 \times 0,85 \times 0,4 \times 0,8 = 17,5\%$. En se basant sur le coût évité énoncé ci-dessus, le montant des coûts évités est de 108 M€₂₀₁₅ à 155 M€₂₀₁₅.

Nous retenons dès lors les chiffres suivants :

Hypothèse basse : **108 M€**

Hypothèse moyenne : moyenne hypothèse basse / haute : **131,5 M€**

Hypothèse haute : **155 M€**

5.2. Temps perdu évité grâce à la vigilance en milieu urbain

Pour ce qui relève de l'urbain, le rapport compare le kilométrage d'embouteillages pour l'évènement neigeux du 7 novembre 2016, qui n'a fait l'objet d'aucune information vigilance, au kilométrage pour les épisodes neigeux ayant fait l'objet d'une information vigilance. En valorisant le temps ainsi perdu dans les embouteillages, nous estimons le gain de la prévision météo entre 35,8 et 51,5 millions d'euros.

Détail du calcul

Avec la vigilance météo, le pic de bouchons s'est élevé à 367 kilomètres, alors qu'il a atteint 544 kilomètres observés lors de l'évènement du 7 novembre 2016 qui n'a pas bénéficié d'alerte vigilance.

D'après la base de données de Bison Futé, le pic de bouchons du 7 novembre 2016 a représenté 0,6 % des pics de bouchons de l'année 2016, alors qu'en présence d'une vigilance météo, cet évènement aurait représenté 0,4 % des bouchons de l'année.

Sur l'année, l'INRIX estime à 64 heures la quantité de temps perdu par un Parisien dans les bouchons, et V-Traffic à 90 heures.

15,5 millions de déplacements sont effectués quotidiennement en voiture en Île-de-France.

Le taux d'occupation moyen d'un véhicule est de 1,28 personne.

Lors de l'épisode neigeux du 7 novembre 2016, le nombre d'heures perdues est donc estimé entre 7,6 et 10,7 millions (64 ou $90 \times 0,006 \times 15,5M \times 1,28$).

En utilisant le même raisonnement, le nombre d'heures perdues lors d'un épisode neigeux avec vigilance météorologique aurait été compris entre 5,1 et 7,1 millions (64 ou 90 x 0,004 x 15,5M x 1,28).

La vigilance a ainsi permis d'éviter entre 2,5 et 3,6 millions d'heures de congestion à Paris, soit, en utilisant la valeur tutélaire du temps en milieu urbain, entre 28,2 millions et 40 millions d'euros 2016.

En extrapolant ces calculs sur les autres métropoles congestionnées susceptibles d'être touchées par une vigilance neige verglas, et en considérant que le temps de congestion est 4 fois supérieur à Paris par rapport aux 6 métropoles suivantes réunies (Lyon, Strasbourg, Nantes, Lille, Grenoble et Rennes), ce rapport avance un bénéfice total compris entre **35 millions d'euros et 50 millions d'euros**.

Ces calculs sont mis à jour en utilisant les valeurs du temps de 2018 (milieu urbain, sans détail de motif). Les résultats deviennent alors :

Pour l'Île-de-France :

Fourchette basse : $2\,500\,000 \times 11,45 \text{ €} = \mathbf{28\,625\,000 \text{ €}}$

Fourchette haute : $3\,600\,000 \times 11,45 \text{ €} = \mathbf{41\,220\,000 \text{ €}}$

Pour les autres villes de France :

Fourchette basse = **7 156 250 €**

Fourchette haute = **10 305 000 €**

Au total :

Fourchette basse (somme Paris / Autres métropoles) = **35,8 M€**

Fourchette moyenne : moyenne fourchette haute / basse = **43,7 M€**

Fourchette haute (somme Paris / Autres métropoles) = **51,5 M€**

5.3. Temps perdu évité grâce à la vigilance en milieu interurbain

Le rapport de l'ENPC étudie deux épisodes neigeux sur l'A43, le 27 décembre 2014 et le 21 février 2015. Le nombre d'heures perdues dans les embouteillages est estimé grâce à une chaîne de valeur. Le gain apporté par les services de Météo-France est ainsi estimé entre 1,2 et 3,6 millions d'euros. Ces valeurs sont très probablement sous-estimées. Elles ne prennent en compte que les événements de grande ampleur, et à raison d'un seul événement par an. Une valeur plus proche de celle estimée pour le temps perdu évité en milieu urbain pourrait être plus réaliste.

Détail du calcul

L'estimation du nombre d'heures perdues dans les embouteillages en raison d'un épisode neigeux est réalisée avec la chaîne de valeur suivante : kilométrage de bouchons (TIPI, DGITM), espace occupé par une voiture, ratio voitures/camions, taux d'occupation moyen d'une voiture. En utilisant le ratio de 17,5 % déterminé par la chaîne de valeur (voir la section sur les coûts d'accidentologie évités) afin d'expliquer la valeur attribuable à l'information météorologique fournie par Météo-France, les coûts évités sont estimés entre 1,2 et 3,6 millions d'euros. Une durée de retour d'un an est utilisée pour ce type d'événement météorologique.

Nous reprenons directement les chiffres énoncés dans le rapport :

Hypothèse basse : **1,2 M€**

Hypothèse moyenne : **2,4 M€**

Hypothèse haute : **3,6 M€**

5.4. Gestionnaires routiers

Le rapport de l'ENPC estime le marché météorologique pour les autoroutiers à environ 1 million d'euros par an, et une somme équivalente pour les directions interdépartementales. Les enjeux pour les gestionnaires routiers d'une information fiable et ponctuelle sont importants : elle détermine les décisions de déneigement, de fermeture d'axes routiers, d'information aux usagers.

Nous utilisons la même valeur de **2 millions d'euros**.

Le biais d'estimation est probablement vers le bas : en effet, l'approche de prix de marché est minimaliste ; les gestionnaires routiers sont prêts *a minima* à payer cette somme.

5.5. Résultats « Transports routiers »

Tableau 5 – Résultats « Transports routiers », en millions d'euros

	Basse	Moyenne	Haute
Accidentologie (décès, blessés et dégâts matériels)	108	131,5	155
Temps perdu - milieu urbain	35,8	43,7	51,5
Temps perdu - milieu interurbain	1,2	2,4	3,6
Gestionnaires routiers	2	2	2
TOTAL	147	179,6	212,1

6. Défense

6.1. Météorologie et Défense

L'appui de Météo-France au secteur de la Défense est une de ses missions institutionnelles, décrite dans le décret fondateur de l'établissement du 18 juin 1993. Le ministère de la Défense (ministère des Armées, depuis le décret du 17 mai 2017 relatif à la composition du gouvernement) est composé des trois Armées (Armée de la marine, Armée de terre, Armée de l'air), de la Direction générale de l'armement (DGA) et du Secrétariat général aux armées (SGA). Le soutien de Météo-France est particulièrement tourné vers les Armées et la DGA.

Le soutien de Météo-France aux armées présente deux aspects. L'aspect « routine » d'une part, et l'aspect « droit de tirage » d'autre part. L'aspect routine comprend en premier lieu la mise à disposition, sans restriction, de toutes les données météorologiques, des produits, sorties de modèles et outils dont Météo-France dispose. Ces données sont transmises de façon sécurisée au CISMF (Centre interarmées de soutien météo-océanographique des forces, situé sur le site de la Météopole de Toulouse) pour assurer une réactivité maximale. En deuxième lieu, Météo-France assure la formation en météorologie des Armées, via l'École nationale de la météorologie, également située à Toulouse. En troisième lieu, Météo-France met ses capacités d'expertise à disposition des Armées. Cette expertise prend en particulier la forme de mise à disposition de personnel spécialiste sur lequel s'appuient les Armées (prévisionnistes du CISMF par exemple). Elle peut aussi prendre la forme d'accompagnement à l'utilisation des systèmes et moyens mis à

disposition comme les outils d'analyse climatique, ou l'utilisation des modèles de transport/dispersion atmosphérique ou océanique.

L'aspect « droit de tirage » concerne quant à lui la possibilité de faire tourner quotidiennement des modèles de prévision numérique du temps sur des théâtres d'opérations militaires ciblés.

La prévision numérique du temps est capitale pour l'intervention des Armées en opérations extérieures. Plusieurs exemples peuvent illustrer la contribution de l'information météorologique :

- le ravitaillement des troupes s'effectue généralement par les airs. Dans des zones dangereuses, comme ce fut le cas en Afghanistan, le largage des containers doit impérativement s'effectuer à moins de 500 mètres des camps de base, sans quoi la cargaison est considérée comme irrécupérable. Des calculs particuliers de grande précision sont alors nécessaires pour larguer les containers, calculs dépendant des vents et des reliefs notamment ;
- la météo est également centrale pour les tirs d'artillerie qui s'effectuent de 30 à 50 km de distance. La précision de ces tirs est spécialement conditionnée par la météo et notamment par l'altitude. Or c'est bien cette précision qui permet d'éviter les dommages collatéraux ;
- l'utilisation de drones dépend aussi fortement de la prévision numérique du temps. Potentiellement, un drone peut voler pendant 24 heures. En l'absence d'informations météorologiques, par exemple sur les brumes de sable, un drone ne volera en moyenne que 10 heures environ, alors qu'avec des informations fines, notamment sur un certain nombre de couches en altitude, la durée du vol peut être étendue jusqu'à 20 heures ;
- les chuteurs parachutistes qui effectuent des dérives sous voile sont aussi très concernés. Afin de faire arriver les parachutistes à l'endroit voulu, il convient de connaître le vent en altitude par couche et de façon précise, et ce sur des régions où les seules informations disponibles sont fournies par la modélisation ;
- la connaissance de l'état de la mer est également importante, en particulier dans le cas de la lutte sous-marine. De la même façon, en l'absence de connaissances précises des conditions météorologiques et d'état de la mer, prévues au retour de mission, les avions ne peuvent décoller des porte-avions ;
- en cas d'accident, tant en mer que dans l'atmosphère, Météo-France met en œuvre sur demande immédiate des modèles de transport/dispersion attachés à l'incident. Tout comme pour le domaine civil, les résultats de ces modèles sont

cruciaux pour la protection et la récupération des hommes et femmes en situation de danger.

L'information météorologique ne permet donc pas seulement d'opérer des ajustements à la marge. Elle est au contraire très souvent l'élément final de la décision de déclencher ou non une opération et si oui, quand. Or dans ce domaine, vu les enjeux, les opérations ne sont déclenchées que lorsque l'incertitude est au plus bas niveau. Dans une interview accordée au *Dauphiné libéré* du 13 septembre 2016, le colonel Marc, adjoint au général commandant la force Barkhane, précise : « *Nos premiers ennemis sont les distances et la météo* ».

Le soutien de Météo-France à la Direction générale de l'armement est identique à celui apporté aux Armées concernant l'aspect routine : produits, formation et expertise. La DGA ne sollicite pas Météo-France sur la partie « *droit de tirage* », mais a des besoins très poussés en matière de R & D. Ainsi, Météo-France et la Direction générale de l'Armement ont une feuille de route commune concernant la recherche. Celle-ci peut porter sur l'utilisation de données et produits météorologiques dès la phase de conception des armements, des navires ou encore des avions. Par exemple, dans le domaine aéronautique, des recherches se font sur les problématiques foudre ou traînées de condensation laissées par les avions à réaction (problème du repérage des avions).

Dans un domaine plus opérationnel, la DGA qui pilote les programmes d'observation militaire par satellite a besoin de données prévues de couverture nuageuse pour gérer au mieux l'exploitation des satellites.

6.2. Méthodologie de quantification

S'agissant des bénéfices socioéconomiques de la prévision météorologique pour la Défense, nous nous appuyons dans un premier temps sur les travaux effectués par London Economics pour le Met Office¹. Les activités de défense étant extrêmement météo-sensibles, ceux-ci posent l'hypothèse que, sans service météo national, le ministère de la défense serait obligé de mettre en place son propre service météorologique. Ainsi, London Economics estime les coûts des services du Met Office utilisés par le ministère de la défense britannique. Hors supercalculateur, ceux-ci sont estimés à 130 millions de livres par an. L'extrapolation au cas français aboutit à une estimation du coût annuel de 147,2 millions d'euros.

¹ <https://londoneconomics.co.uk/blog/publication/met-office-general-review-march-2016/>.

Détail du calcul

Afin d'extrapoler l'estimation de London Economics au contexte français, nous estimons un coefficient multiplicateur de 0,899 en nous appuyant sur la différence de budget¹ des ministères de la défense français (47,2 milliards) et anglais (52,5 milliards).

Nous utilisons un taux de change livre-euro de 1,14.

Nous ajoutons dans un deuxième temps 14,2 millions d'euros, qui correspondent aux coûts annuels de location – gérance du supercalculateur actuel.

Calcul

Coût annuel (sans supercalculateur) : $130 \text{ M} \times 1,14 \times 0,899 = 133 \text{ M€}$

Coût total annuel : $133 \text{ M€} + 14,2 \text{ M€} = 147,2 \text{ M€}$

Il apparaît délicat de se positionner sur les biais probables de cette valorisation.

- D'un côté, l'approche par les coûts évités est minimaliste, pouvant conduire à minimiser les bénéfices socioéconomiques retirés par le secteur de la Défense. En effet, les bénéfices apportés par le service météorologique peuvent être largement supérieurs aux coûts. Toutefois, il paraît très difficile de quantifier précisément l'ampleur de ces bénéfices. Par prudence, nous nous limitons ainsi à cette analyse.
- De l'autre, on peut s'interroger sur le fait que le ministère de la Défense mettrait en place un service météorologique de qualité égale à celui de Météo-France ; il se peut que le ministère préfère une baisse relative de la qualité, pour un coût moindre.

Il aurait été intéressant de comparer l'estimation de ces bénéfices au montant que le ministère des Armées paie à Météo-France pour la fourniture de ses produits et services, pour conduire un raisonnement identique à celui décrit précédemment concernant les gestionnaires routiers et autoroutiers. Néanmoins, la subvention pour charges de service public versée par l'État à Météo-France (200 millions d'euros) couvre toutes les missions institutionnelles, sans distinction des montants qui correspondraient à chacune de ces dernières. En d'autres termes, on ne sait pas le coût que chaque mission institutionnelle représente. En outre, la comptabilité analytique de l'établissement ne permet pas non plus de répondre à cette question.

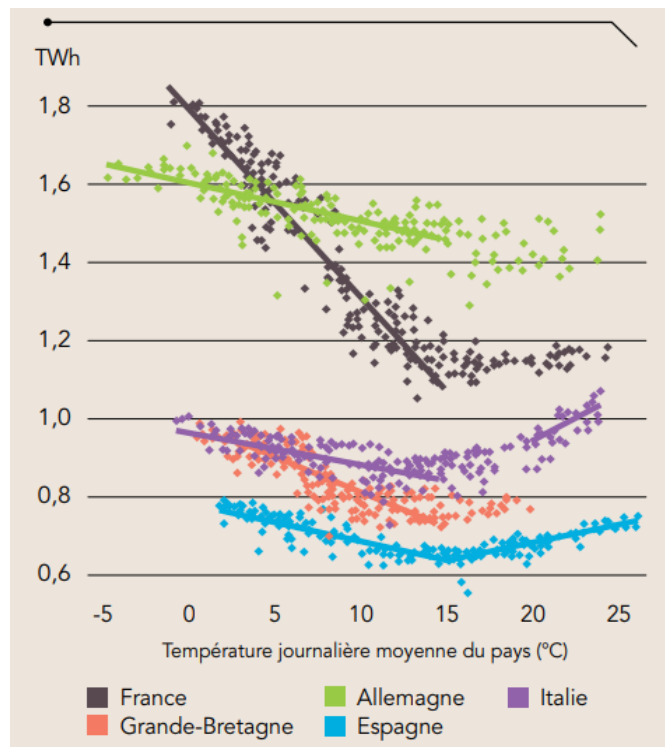
¹ www.gov.uk/government/publications/uk-defence-in-numbers-2017.

7. Énergie

7.1. Conditions météorologiques et production d'énergie

Les prévisions météorologiques sont essentielles pour prévoir une production optimale d'énergie. Comme le montre le graphique ci-dessous, la consommation électrique en France est très sensible aux conditions météorologiques. Schématiquement, si les températures sont sous-estimées, une production électrique trop importante sera prévue ; si elles sont surestimées, une production électrique trop faible sera prévue.

Graphique 1 – Consommation électrique journalière en fonction de la température



Source : bilan électrique 2014 de RTE

7.2. Méthodologie de quantification

Nous posons l'hypothèse que, sans Météo-France, on pourrait uniquement faire des prévisions approximatives de température. On se baserait alors sur les moyennes mensuelles de température. Nous comparons ensuite les moyennes mensuelles aux températures effectivement survenues en 2017 pour estimer la demande d'énergie supplémentaire (dont la production n'était pas prévue) liée à l'erreur de température. En cas de sous-production énergétique, il est impossible d'appeler une puissance

d'énergie nucléaire rapidement (le « temps de rallumage » d'une centrale est élevé). Nous posons ainsi l'hypothèse que la « production non prévue » devra être dérivée d'énergie hydraulique (à hauteur d'un quart) et thermique (à hauteur de trois quarts). En situation normale, en nous basant sur le rapport *Les chiffres clés de l'énergie*¹, nous estimons un mix énergétique composé à 90 % de nucléaire, à 5 % d'énergie thermique et à 5 % d'hydraulique.

Tableau 6 – Résultats « Énergie », en millions d'euros

	Hydraulique	Thermique	Nucléaire	Situation « normale »	Situation « surconsom- mation »	Delta
Coût (TWh) bas	15	70	49,5	48,8	56,25	7,45
Coût (TWh) haut	20	100	49,5	50,55	80	29,45

Au final, les coûts évités grâce à la bonne anticipation de la demande d'énergie liée à la température extérieure sont estimés entre 23,4 et 92 millions d'euros.

Détail du calcul

En 2017 pour les mois de janvier et septembre, les températures observées étaient en-deçà des normales mensuelles. Nous estimons ainsi l'« erreur de température évitée » par les prévisions de Météo-France. Celle-ci a été de 0,9 degré pour le mois de janvier et de 1,9 degré pour le mois de septembre.

Nous estimons ensuite la pente, pour la France, dérivée du graphique 1 ci-dessus. En la multipliant par l'« erreur de température évitée », nous pouvons estimer le nombre de TWh demandés, mais non prévus à la production. Sur la totalité du mois, cette « production non prévue » est d'environ 1 TWh pour septembre, et de 2,14 TWh pour janvier.

Calcul

Des éléments qui précèdent, nous pouvons déterminer les calculs suivants, qui représentent les **coûts évités issus de la non-concordance entre demande théorique mensuelle et demande effective d'énergie appelée**.

Fourchette basse : $(0,981818 \times 7,45 \text{ M€}) + (2,141818 \times 7,45 \text{ M€}) = \mathbf{23,4 \text{ M€}}$

¹ www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/fileadmin/user_upload/Datalab-13-CC-de_l-energie-edition-2016-fevrier2017.pdf.

Fourchette moyenne : moyenne haute / basse = **57,7 M€**

Fourchette haute : $(0,981818 \times 29,45 \text{ millions d'euros}) + (2,141818 \times 29,45 \text{ millions d'euros}) = \mathbf{92 \text{ M€}}$

Ces estimations sont entachées d'une imprécision assez forte, en raison de l'incertitude qui frappe chacun des maillons du raisonnement précédent. Cette imprécision va très vraisemblablement dans le sens de la sous-estimation, et ce pour plusieurs raisons :

- nous utilisons des moyennes, qui masquent les variations internes au mois (par exemple, en juillet, certains jours ont pu être plus frais que prévu). Il conviendrait, avec plus de temps, d'effectuer une analyse plus fine ;
- on ne prend pas en compte les « erreurs de température positives » (c'est-à-dire quand la température est plus élevée que prévue), or la surproduction d'énergie peut également entraîner des pertes, d'une part, et d'autre part, avec la croissance du nombre de services de climatisation, les fortes chaleurs peuvent augmenter la demande d'énergie ;
- on ne prend pas les coûts d'une panne électrique : financiers (e.g., dédommagements) mais aussi économiques (e.g., activité économique ralentie), sociaux (e.g., panne de courant dans les transports) ;
- les exemples pratiques d'erreurs d'estimation montrent des coûts beaucoup plus élevés (à dire d'experts, une surestimation de la température de 2 °C ayant entraîné un pic de consommation imprévue de chauffage aurait engendré des pertes de l'ordre de 140 à 150 millions d'euros en 2015).

8. Adaptation au changement climatique

8.1. Méthodologie et résultats

Nous nous basons sur l'étude menée par Citizing (2016) sur l'évaluation socio-économique du supercalculateur de Météo-France. L'évaluation utilise le modèle PAGE09, développé par Chris Hope, permettant d'estimer la valeur socioéconomique d'une meilleure information concernant la réponse climatique transitoire (TCR). La TCR, représentant l'augmentation mondiale moyenne de la température induite par une augmentation annuelle de 1 % de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère pendant les 70 prochaines années, est très incertaine. La fourchette généralement admise est comprise entre 1 et 2,8 degrés Celsius. Hope estime ainsi la valeur

socioéconomique d'une réduction de l'incertitude autour de cette fourchette. Cette valeur socioéconomique, si une meilleure information est produite afin que les scénarios d'émissions soient ajustés avant 2020, est estimée à 10 300 milliards de dollars au niveau mondial. Cette valeur tombe à 9 700 milliards de dollars si les améliorations des connaissances interviennent plus tard, ne permettant aux ajustements d'être réalisés qu'en 2030¹. En effet, les stratégies d'adaptation et d'atténuation sont très coûteuses, et les déployer tardivement entraîne des coûts supplémentaires, notamment parce que les risques climatiques se matérialisent. Plus une connaissance fine de la valeur du TCR arrive rapidement, plus les ajustements des décideurs sont optimaux et interviennent au bon moment. Des stratégies d'ajustement sont déterminées dans de nombreux secteurs, par exemple celui de la construction de logements.

Citizing estime, pour la France, trois valeurs socioéconomiques des gains procurés par l'amélioration des connaissances en matière de réchauffement climatique, correspondant à trois différents scénarios d'investissement pour le supercalculateur :

- pour l'option d'investissement la plus élevée, le bénéfice socioéconomique actualisé pour la France est de 601,8 millions d'euros ;
- pour l'option d'investissement intermédiaire, le bénéfice socioéconomique actualisé pour la France est de 376,1 millions d'euros ;
- pour l'option d'investissement la moins élevée, le bénéfice socioéconomique actualisé pour la France est de 273,5 millions d'euros.

Suite à cette évaluation, le SGPI a recommandé un investissement situé entre l'option intermédiaire et l'option haute. Ainsi, nous utilisons une valeur située entre les bénéfices socioéconomiques pour l'option intermédiaire et l'option haute pour notre fourchette moyenne ; la valeur socioéconomique pour l'option intermédiaire pour notre fourchette basse ; et la valeur socioéconomique pour l'option haute pour notre fourchette haute.

Calculs

Fourchette basse : **376,1 M€**

Fourchette moyenne : $(601\,800\,000 * 0,5) + (376\,125\,000 * 0,5) =$ **489 M€**

Fourchette haute : **601,8 M€**

¹ <http://rsta.royalsocietypublishing.org/content/roypta/373/2054/20140429.full.pdf>.

9. Recherche et Développement

Météo-France, fort de ses capacités de recherche, contribue aux avancées de la recherche en modélisation de la prévision numérique du temps et en compréhension des phénomènes climatiques¹. En outre, les agents au sein des équipes de recherche de Météo-France produisent à la fois des articles scientifiques mais sont pour certains également en charge de développer les modèles de prévision et de climat opérationnel, contribuant ainsi activement au transfert des résultats de la recherche en mode opérationnel.

Pour cette raison, il n'est pas aisé de déterminer avec précision les ressources consacrées spécifiquement à des activités de recherche au sein de Météo-France. Ce nombre a été estimé suite à des échanges avec le directeur de la Recherche de Météo-France. Pour valoriser les bénéfices socioéconomiques issus des activités de production scientifique chez Météo-France, nous mobilisons les recommandations du Groupe de Travail sur l'évaluation socioéconomique des investissements dans le secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche. Ainsi ceux-ci sont estimés en fonction du nombre d'articles publiés, du salaire moyen des chercheurs et du nombre de citation des articles, à 45,9 millions d'euros. Ce chiffrage ne tient pas compte des retombées issues de l'amélioration des outils opérationnels par les équipes de recherche.

Détail du calcul

Les données d'entrée de l'estimation des bénéfices sont les suivantes :

- Météo-France produit 1,77 publication par chercheur, pour 327,2 chercheurs en équivalent temps plein. Le nombre total d'articles produits est ainsi estimé à 579 par an ;
- le salaire moyen retenu pour le calcul est de 80 000 euros bruts. Les chercheurs consacrent 91,4 % de leur temps de travail à la recherche ;
- les articles publiés par Météo-France citent en moyenne 30 articles, et sont cités en moyenne dans 27,6 autres articles.

Nous utilisons la formule préconisée par le groupe de travail sur l'évaluation de l'enseignement supérieur et de la recherche, ainsi que par la Banque européenne d'investissement, afin d'estimer le coût marginal de production d'un article :

¹ Météo-France n'est pas le seul établissement en France produisant de la recherche climatique. Toutefois, compte tenu des urgences climatiques, on ne saurait que trop recommander de maintenir une saine émulation entre Météo-France et l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL).

- Coût marginal de production = salaire annuel brut moyen * temps moyen consacré à une publication.

Le temps moyen consacré à une publication est estimé à (0,914 % du temps passé à la recherche / 1,77 publication par chercheur) = 0,516 année.

Ainsi, le coût marginal de la production est de = $80\,000 * 0,516 = 41\,310 \text{ €}$

Nous estimons ensuite le coefficient multiplicateur des citations :

- Coefficient multiplicateur = nombre moyen de citations d'un article * 1 heure / nombre moyen de références utilisées par l'article = $27,6 * 1/30 = 0,92$

Pour valoriser un article, nous utilisons la formule suivante :

- Valorisation d'un article : coût marginal de production * (1 + coefficient multiplicateur des citations) = $41\,310 * (1 + 0,92) = 79\,315,2$

Pour valoriser l'ensemble des articles produits :

- Valorisation totale des articles de Météo-France : $79\,315,2 * 579 \text{ articles produits au total} = 45\,923\,500 \text{ €}$



CHAPITRE 3

RÉSUMÉ DES RÉSULTATS ET COMPARAISON AVEC D'AUTRES SERVICES MÉTÉOROLOGIQUES NATIONAUX

1. Résultats socioéconomiques

Nous rappelons que le budget annuel de Météo-France est d'environ **322,5 millions d'euros¹ en 2016**.

Le tableau ci-après résume l'ensemble des bénéfices socioéconomiques permis par les produits et services de Météo-France, estimés dans le cadre de ce rapport. Il convient de préciser qu'il ne s'agit que des bénéfices pour lesquels une monétarisation a été proposée. En effet, non seulement les bénéfices dépassent les quelques secteurs étudiés (on pourrait s'intéresser dans de futures études à la création de valeur permise par Météo-France dans le secteur des assurances ou de la grande distribution par exemple), mais ils dépassent également nos frontières. Météo-France exerce notamment des responsabilités de surveillance de l'océan Indien ; en prévision marine, Météo-France est en charge de la surveillance météorologique de la deuxième plus vaste zone économique exclusive. En outre, en tant que partenaire d'organismes internationaux, Météo-France contribue à de nombreuses activités opérationnelles et de recherche, génératrices d'externalités mondiales (EUMETSAT, CEPMMT, participation au GIEC, etc.). Ces impacts n'ont pas été chiffrés, faute de connaissances académiques suffisamment robustes pour y attribuer une valeur monétaire, mais ils sont à mettre au crédit de la création de valeur socioéconomique permise par Météo-France.

¹ Hors « Subvention EUMETSAT » (56,73 millions d'euros) qui ne fait que transiter par les comptes de Météo-France.

Tableau 7 – Estimation des bénéfices socioéconomiques des produits et services de Météo-France (en millions d'euros)

		Basse	Moyenne	Haute
Aviation	Accidentologie (décès)	4,2	4,2	4,2
	Coût du fioul	30,1	30,1	30,1
	Coût du retard pour les compagnies aériennes	20,1	22,5	24,9
	Coût du retard pour les passagers	38,5	38,5	38,5
Agriculture		63,5	158,8	254
Grand public		72,1	83,1	94,2
Sécurité des personnes et des biens	Canicules	80	467	854
	Inondations – biens	34	85	136
	Inondations – mortalité	9,2	18,5	27,7
	Cyclones	9,6	9,6	9,6
Transports	Accidentologie (décès, blessés et dégâts matériels)	108	131,5	155
	Temps perdu – milieu urbain	35,8	43,7	51,5
	Temps perdu – milieu interurbain	1,2	2,4	3,6
	Gestionnaires routiers	2	2	2
Défense		147,2	147,2	147,2
Énergie		23,4	57,7	92
Changement climatique		376,1	489	601,8
Production d'articles scientifiques		45,9	45,9	45,9
TOTAL		1 101	1 836	2 572

Source : calcul des auteurs

Les bénéfices socioéconomiques estimés dans cette étude sont au minimum 3,4 à 8 fois supérieurs au budget annuel de Météo-France, ce qui suggère une importante création de valeur collective nette.

Toutefois, il convient de manipuler ces ordres de grandeur avec précaution. En effet, la présente étude s'apparente à une évaluation *ex post*, dont la reconstitution de l'option de référence (état de la situation sans l'existence de Météo-France) exigerait des travaux d'une ampleur démesurée par rapport à l'objet de la présente étude.

Pour résoudre ces difficultés, des stratégies de monétarisation ont été mises en œuvre pour, malgré tout, proposer une quantification des bénéfices socioéconomiques générés par Météo-France. Celles-ci ne doivent pas occulter les trois limites suivantes :

- dans certains cas, c'est la valeur de l'information météorologique en général qui a été estimée et non la valeur de l'information fournie par Météo-France en tenant compte de la performance de ses prévisions ;
- la chaîne de valeur qui relie le résultat du modèle météorologique à la survenue des bénéfices socioéconomiques contient de nombreux maillons auxquels il est complexe d'attribuer une pondération. Dans certains cas, la chaîne de valeur n'a pas été prise en compte, attribuant dès lors directement 100 % du bénéfice socioéconomique au fournisseur de la prévision ;
- enfin, en l'absence de Météo-France, certains secteurs ne seraient absolument pas en mesure de fonctionner, tandis que d'autres pourraient utiliser des prévisions moins précises provenant d'autres services météorologiques.

Ces difficultés méthodologiques, inhérentes à tout travail exploratoire où les références académiques récentes manquent, ont pu conduire tantôt à sous-estimer, tantôt à surestimer les résultats.

Les biais exposés ci-dessus se retrouvent dans l'évaluation d'autres services météorologiques nationaux. Dès lors, il peut y avoir un intérêt à comparer les résultats de la présente étude avec des évaluations similaires. C'est l'objet de la section suivante.

Nous verrons également qu'il y a lieu de s'intéresser à l'organisation de services météorologiques nationaux agissant à l'étranger. Si la création de valeur collective générée par l'information météorologique est largement répandue, quel que soit le pays étudié, il n'en demeure pas moins que des questions peuvent être soulevées quant au coût des établissements produisant ces informations, et ainsi à l'optimisation de leur rentabilité socioéconomique.

2. Comparabilité des résultats de l'étude

Les évaluations socioéconomiques sont courantes dans le secteur des transports, mais l'application de cette méthodologie est nettement moins d'usage dans d'autres secteurs, comme celui de la météorologie. La rareté de ces études rend difficiles la comparaison et le classement de la rentabilité socioéconomique des différents services météorologiques nationaux.

Toutefois, deux points méritent d'être soulevés.

En premier lieu, par obligation réglementaire, Météo-France a réalisé au deuxième semestre 2016 l'évaluation socioéconomique en vue du renouvellement de son supercalculateur d'un montant d'investissement excédant 100 millions d'euros. Si des résonances peuvent être identifiées entre ladite étude et la présente, les problématiques n'en sont pas moins différentes : l'étude sur le supercalculateur estime les bénéfices socioéconomiques de l'amélioration de la prévision météorologique, provenant de l'accroissement de la puissance de calcul – et donc du budget supplémentaire dédié à la puissance de calcul ; alors que la présente étude estime les bénéfices socioéconomiques de l'Établissement météorologique national, dans sa globalité (*modulo* des limites discutées dans la section précédente).

Les coûts liés à la masse salariale initiale de Météo-France (qui représente environ les deux tiers du budget de l'établissement) ne sont pas pris en compte dans l'étude sur le supercalculateur, puisqu'il s'agit d'estimer le delta de performance provenant du delta d'investissement dans le supercalculateur (lequel ne nécessite pas, pour fonctionner, de modification substantielle de la masse salariale). Aussi, compte tenu du très grand intérêt pour la Nation d'améliorer la prévision météorologique, il n'est pas surprenant que le ratio « bénéfice socioéconomique supplémentaire / coût supplémentaire » déterminé dans l'étude sur le supercalculateur (14 pour 1) soit largement supérieur au ratio estimé dans la présente étude (entre 3,4 et 8 pour 1).

En second lieu, d'autres pays ont mené des évaluations socioéconomiques avec une problématique similaire à la présente étude. C'est la comparaison avec ces études qui est discutée ci-après.

Les ratios bénéfiques/coûts estimés par cette étude, compris entre 3,4 et 8 pour 1, montrent que Météo-France est un établissement public largement créateur de valeur collective. Les études similaires menées dans d'autres pays européens permettent de contextualiser ces résultats. C'est notamment le cas au Royaume-Uni (London Economics, 2015¹), en Croatie (Leviäkangas *et al.*, 2007²), en Suisse (Frei, 2010³) et en Finlande (Leviäkangas et Hautala, 2009⁴).

¹ London Economics (2015), *Met Office – General Review*, avril.

² Leviäkangas P. *et al.* (2007), « [Benefits of meteorological services in Croatia](#) », *VTT Research Notes* 2420.

³ Frei T. (2010), « Economic and social benefits of meteorology and climatology in Switzerland », *Meteorological Applications*, Vol. 17 (1), mars.

⁴ Leviäkangas P. et Hautala R. (2009), « Benefits and value of meteorological information services – The case of the Finnish Meteorological Institute », *Meteorological Applications*, 16(253), septembre.

La comparaison directe des résultats est complexe : les méthodologies utilisées pour valoriser la fourniture d'information météorologique varient selon les études, avec des conséquences sur la rentabilité socioéconomique estimée. Pour le secteur des transports, par exemple, la présente étude estime les bénéfices en termes de temps perdu, d'accidentologie et de bénéfices pour les gestionnaires routiers, alors que les études finlandaise et croate n'estiment les bénéfices qu'en matière d'accidentologie évitée.

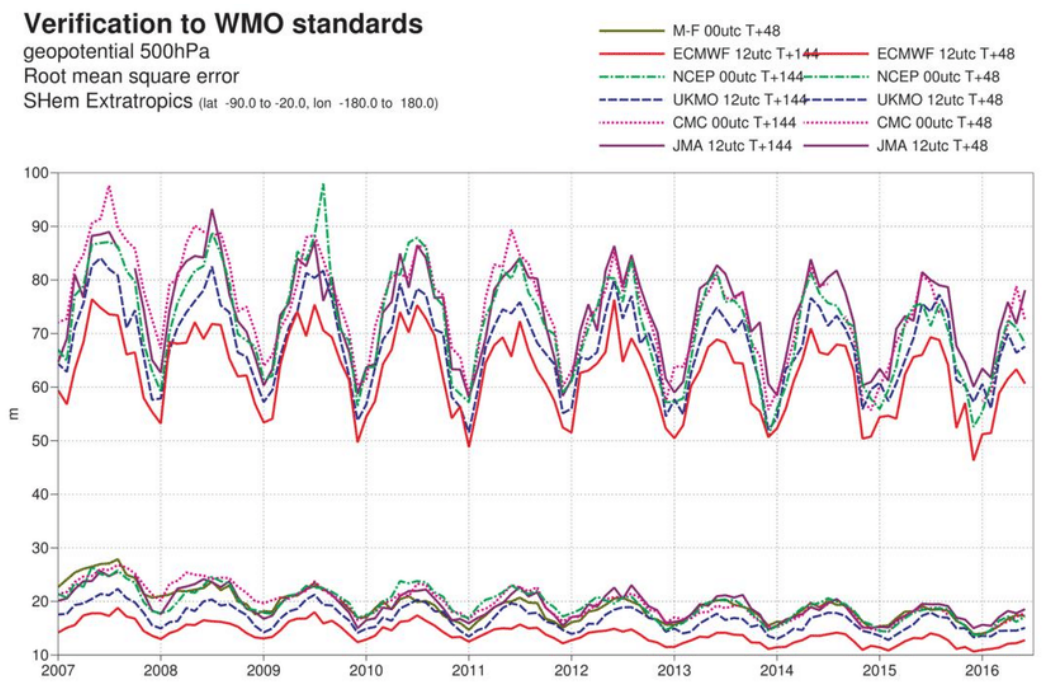
De plus, le nombre de secteurs pour lesquels la valeur de l'information météorologique est étudiée varie selon les études (voir chapitre 1, tableau 1).

Les études menées en Croatie et en Finlande estiment des ratios bénéfices/coûts du service météorologique – compris entre 3 et 5 pour 1 –, proches des ratios estimés pour Météo-France. Toutefois, les études croate et finlandaise ne tiennent pas compte des bénéfices liés à l'adaptation au changement climatique, au secteur de la défense ou au grand public¹. Or ceux-ci représentent entre 33 % et 54 % des bénéfices estimés par la présente étude. Ainsi, compte tenu de la différence de nombre de secteurs pris en compte dans les diverses études, la convergence des ratios calculés pourrait conduire à questionner l'efficacité de Météo-France. Toutefois, dans la mesure où la performance des prévisions produites par les différents SMN n'est que faiblement prise en compte dans l'ensemble de ces études, la comparaison de l'efficacité apparaît délicate.

L'évaluation menée par London Economics sur le Met Office semble méthodologiquement la plus proche de la présente étude. Les bénéfices socioéconomiques sont évalués sur un nombre et un type de secteurs similaires. En outre, les performances des prévisions météorologiques du Met Office et de Météo-France sont toutes deux situées à de très bons niveaux, comme l'illustre le graphique ci-dessous, relatif à la performance des modèles à aire globale sur la moyenne échéance.

¹ Les bénéfices pour le transport ferroviaire, maritime et pour l'industrie de la construction sont pris en compte.

Graphique 2 – Évolution des courbes d’erreur des prévisions à 6 jours (haut) et 2 jours (bas) pour plusieurs services météorologiques



Source : www.researchgate.net/figure/312093998_fig6_Figure-12-WMO-exchanged-scores-from-global-forecast-centres-RMS-error-of-500-hPa

Or le ratio bénéfices/coûts est estimé pour le Met Office entre 12,7 et 14 pour 1 – soit entre 2 et 3,7 fois supérieur à celui estimé pour Météo-France¹. Cette différence significative ouvre deux champs d’interrogation, que nous poursuivons dans la section suivante :

- la différence de résultats peut provenir de la façon dont le Met Office s’assure que ses prévisions sont prises en compte et de la façon dont il contribue aux prises de décision des différents acteurs de l’économie. Cette fonction de conseil et d’accompagnement en faveur des bénéficiaires peut avoir un effet majeur sur la survenue et l’ampleur des bénéfices socioéconomiques ;
- une autre possibilité, non exclusive de la précédente, tient à une différence de ratio coût/efficacité.

¹ L’étude prend en compte les bénéfices socioéconomiques pour plusieurs secteurs non estimés par la présente étude, notamment pour les industries particulièrement météo-sensibles (industries extractives, construction, etc.).

À la lumière des explications sur les méthodes mises en œuvre, on comprend que l'utilisation des résultats des différentes évaluations socioéconomiques à des fins de comparaison de l'efficacité des services météorologiques nationaux paraît discutable.

En revanche, la très grande utilité collective tirée des dépenses publiques en faveur de prévisions météorologiques fiables et de connaissances sur le changement climatique constitue une conclusion largement partagée. Toutefois, l'indiscutable création de valeur collective générée par les établissements météorologiques n'empêche pas de s'interroger sur leurs modes organisationnels, leviers de création de valeur supplémentaire, et affectant les ratios coût-efficacité.

3. Comparaisons organisationnelles avec d'autres services météorologiques nationaux

Si l'on observe l'organisation de plusieurs services météorologiques nationaux (SMN) à travers le monde, des différences notables apparaissent. Au-delà des écarts évidents en termes de budget et de ressources liés à la superficie et à la population des territoires comparés, il est à noter des différences d'ordre organisationnel.

Les développements ci-après ne sauraient prétendre à l'exhaustivité et ne constituent donc pas un exercice de comparaison de tous les services météorologiques nationaux. En revanche, sur la base des informations mises à disposition par l'Organisation météorologique mondiale, il est possible de relever des modes d'organisation différents à travers des exemples de services météorologiques nationaux. S'ils ne permettent pas de conclure sur l'efficacité de ces modes d'organisation, ces exemples fournissent autant de pistes de réflexion en vue d'optimiser l'organisation de Météo-France.

3.1. Juge ou partie : clarification du rôle des ministères de tutelle

Le Royaume-Uni et la Nouvelle-Zélande sont fréquemment cités en exemple par les lignes directrices de l'OMM¹ pour le rôle, l'exploitation et la gestion des services météorologiques et hydrologiques nationaux.

En Nouvelle-Zélande, le *Meteorological Service of New Zealand Limited* (MetService) est une entreprise autonome à capitaux publics gérée par le ministère du

¹ WMO (2017), *Guidelines on the Role, Operation and Management of National Meteorological and Hydrological Services*, World Meteorological Organization.

Trésor, « propriétaire » des actions, dont l'objectif est de maximiser les revenus et la rentabilité. Le ministère des Transports agit comme bénéficiaire et sollicite le MetService sur la base d'un contrat commercial négocié.

Au Royaume-Uni, le *Met Office* est un *trading fund*, structure au budget autonome, géré par le Département de l'Économie, de l'Énergie et de la Stratégie industrielle qui assume la propriété du fond. Le bénéficiaire est incarné par une unité distincte, le *Public Weather Service Customer Group*, qui fixe les exigences en matière de service public météorologique et autorise les paiements.

À travers ces deux exemples, l'OMM souligne que, même si dans la plupart des pays les rôles de propriétaire (qui finance l'établissement et ses activités) et de bénéficiaire (qui bénéficie des activités de l'établissement) sont combinés, ces rôles doivent être distingués, en particulier dans le cadre des discussions budgétaires. En effet, cela permet d'explicitier tous les services fournis par le SMN et le coût associé. Dès lors, il sera plus facilement entendu que toute demande de service additionnel représente un coût supplémentaire et, inversement, que toute réduction budgétaire peut impliquer, outre des optimisations de charges, la réduction des services fournis. Chez Météo-France, la mise en place de fléchages plus systématiques des ressources pourrait contribuer favorablement à une telle évolution : le renforcement de la contractualisation des missions et ressources de Météo-France aurait pour vertu d'explicitier encore plus ses missions et de rationaliser les ressources correspondantes.

3.2. Proximité avec les bénéficiaires : implantation territoriale et contribution active en aval de la chaîne de valeur des bénéfices socioéconomiques

Contrairement à Météo-France, le Met Office est centralisé et ne dispose pas d'implantations locales généralistes (certaines implantations en dehors du siège d'Exeter accueillent des services spécialisés, comme le centre d'Aberdeen en Écosse, spécialisé dans la météo marine).

Malgré l'absence d'implantations locales, le Met Office semble avoir fait le choix de la proximité avec ses bénéficiaires et clients. Avec la numérisation croissante de la prévision météorologique et la montée en puissance de la prévision probabiliste, les agents, autrefois majoritairement prévisionnistes, se spécialisent aujourd'hui sur la fourniture de services d'aide à la prise de décision.

S'agissant de Météo-France, même si son réseau d'implantation a considérablement décliné en une décennie, l'établissement dispose de sept centres météorologiques

interrégionaux et d'une cinquantaine de centres territoriaux. La question des centres territoriaux peut être posée sous l'angle de leur création de valeur relativement à leurs coûts. Des travaux plus poussés pourraient être engagés sur les missions fournies par ces centres, la nécessité de leur ancrage territorial, l'opportunité de leur mutualisation, les ressources qu'ils requièrent et leur coût d'opportunité.

En outre, la question des profils et des compétences des agents de Météo-France pourrait donner lieu à des analyses plus poussées. Comment la prévision probabiliste (par opposition à la prévision déterministe qui prévalait largement jusqu'à récemment) est-elle acceptée par les agents ? Des formations peuvent-elles accompagner la transformation des compétences attendues en faveur de l'aide à la prise de décision, afin que Météo-France contribue plus fortement à la survenue des bénéfices socioéconomiques ?

Au-delà des agents de Météo-France, comment les mécanismes de coordination entre Météo-France et d'autres services locaux ou services de l'État peuvent-ils accroître l'efficacité de la décision, compte tenu de la multiplicité des étapes de la chaîne de valeur entre la prévision et le bénéfice socioéconomique (prévision météorologique / transmission des informations via les canaux appropriés / compréhension des informations / choix de modifier la décision tenant compte de la compréhension de l'information / pertinence de la décision / bénéfice socioéconomique). À titre d'exemple, l'efficacité de l'organisation multi-acteurs pour gérer les épisodes de crues pourrait être questionnée.

Enfin, avec la multiplication des données d'observation de toutes origines, et les progrès en continu des modèles de prévision numérique du temps, on pourrait s'interroger sur la capacité de Météo-France à se mettre en valeur en tant qu'établissement précurseur du *deep learning* et de l'intelligence artificielle. Dans ce cas, des agents aux profils spécifiques pourraient être recherchés par Météo-France.

3.3. Missions de service public, activités commerciales et recherche : interroger la pertinence du périmètre de mission des services météorologiques nationaux

Aux États-Unis, le *National Weather Service* (NWS) est le SMN au sens de l'OMM. Il est placé sous l'autorité d'une administration au périmètre d'intervention plus large, la *National Oceanographic and Atmospheric Administration* (NOAA). Le NWS intervient uniquement sur les missions de fourniture de prévisions météorologiques et il est à noter, en particulier, qu'il n'est pas autorisé à commercialiser ses services, d'une part,

et que les activités de recherche relèvent d'autres entités de la NOAA, notamment, d'autre part.

S'agissant de l'absence d'activités commerciales, si les raisons se trouvent probablement dans une application stricte du principe de non-subventionnement public d'activités concurrentielles, il est ainsi permis d'identifier les activités qui relèvent de missions de service public et ne peuvent être menées que sur la base de financements publics.

La pertinence du maintien de la commercialisation de services au regard de la confusion avec les services relevant de missions régaliennes ou de service public, pourrait également se poser en France. Si au contraire des objectifs de rentabilité accrue étaient assignés à Météo-France, on pourrait s'interroger sur (i) l'étendue et le format des données de sorties de modèles mis à disposition, de façon obligatoire, en open data ; données qui constituent la « matière première » des services conçus par les concurrents de Météo-France sur la partie commerciale et (ii) sur l'efficacité de Météo-France à produire des services conçus pour des besoins spécifiques.

En tout état de cause, l'objectif d'accroissement de la quantité et d'amélioration de la qualité des données mises à disposition en open data semble peu compatible un objectif simultané d'augmentation des recettes commerciales.

S'agissant des activités de recherche, la structuration mise en œuvre aux États-Unis permet de mutualiser des structures de recherche et de dégager des synergies avec les champs de recherche connexes.

En France, Météo-France et l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, sont deux organisations distinctes effectuant de la recherche climatique et apportant leur expertise au service de l'adaptation au changement climatique. Les deux participent également au GIEC, ce qui, par rapport aux autres pays, apparaît exceptionnel. Étant donné le niveau de sélection exigé pour participer au GIEC, il semblerait que le caractère « bicéphale » de la recherche climatique en France soit générateur d'émulation positive. La question de la mutualisation des moyens de calculs des deux organisations¹ a été posée dans l'étude de Météo-France sur le supercalculateur et rejetée pour des raisons liées au caractère sécuritaire des données et services produits par Météo-France principalement (Défense, sécurité des personnes et des biens notamment). Toutefois, des travaux d'évaluation supplémentaires permettraient de s'assurer que

¹ L'IPSL ne dispose pas de supercalculateur mais utilise les moyens de GENCI (Grand équipement national de calcul intensif).

(i) la partie recherche climatique de Météo-France (et donc peu liée aux activités à caractère sécuritaire) n'aurait pas d'avantages à se rapprocher de l'IPSL (et non l'IPSL de Météo-France) et (ii) que l'IPSL et la partie recherche climatique de Météo-France coopèrent effectivement ; que leurs travaux ne sont pas redondants mais plutôt complémentaires ; que de réelles synergies existent, sont favorisées et nourries entre les deux entités.

3.4. Modèles à aire globale : la question de la mutualisation

Alors que tous les services météorologiques nationaux sont dotés d'un modèle à aire limitée pour effectuer leurs prévisions localisées à courte échéance, au sein de l'Union européenne, seuls la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni disposent d'un modèle à aire globale en propre. Le Centre européen des prévisions météorologiques à moyen terme (CEPMMT) dispose également d'un modèle à aire globale.

De façon extrêmement schématique, les modèles à aire globale sont utilisés pour anticiper les phénomènes météorologiques à de plus longues échéances, malgré une précision et une localisation moins affinées que ce que permettent les modèles à aire limitée. De plus, les modèles à aire globale sont utilisés pour fournir les conditions aux bornes des modèles à aire limitée.

Parmi les 34 États membres et coopérants du CEPMMT, tous hormis la France, l'Allemagne et le Royaume-Uni utilisent les sorties de modèle à aire globale du CEPMMT pour remplir les fonctions décrites précédemment. On peut dès lors s'interroger sur la pertinence pour la France de continuer à utiliser son propre modèle à aire globale (ARPEGE), et ce d'autant que le modèle de CEPMMT est également reconnu pour ses grandes performances (voir graphique 2 page 62). Une des principales limites au report de Météo-France sur le CEPMMT pour les sorties du modèle à aire globale tient au pas de temps : les modèles du CEPMMT, dans la mesure où leur vocation est de fournir des prévisions à 4-7 jours, sont actualisés et rafraîchis avec de nouvelles observations moins fréquemment que les modèles de Météo-France. La question du coût de ces problèmes face au coût du maintien d'un modèle en propre mériterait toutefois d'être posée. Les difficultés à établir une comptabilité analytique, résultant notamment des imbrications entre les différents modèles, rendent délicate l'action d'isoler le coût représenté par ARPEGE. Afin de comparer, toutes choses égales par ailleurs, il pourrait également être opportun d'évaluer le coût pour le CEPMMT (coût mutualisé entre ses États membres) d'une actualisation plus régulière de son modèle afin qu'il se synchronise plus efficacement avec les pas de temps requis par les modèles à courte échéance de Météo-France et des autres services météorologiques nationaux.



LETTRE DE MISSION

Le Commissaire général
à la stratégie et à la prospective

Courrier arrivé le : 23/11/17
N° : 306



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE

Le ministre d'Etat

Paris, le 24 NOV. 2017

Monsieur le Commissaire Général,

L'établissement public Météo-France est chargé d'assurer la prévision de la météorologie et la connaissance du changement climatique, ainsi que d'exercer les attributions de l'État en matière de sécurité météorologique des personnes et des biens, conformément à son décret de création n°93-861 du 18 juin 1993. Les données et services qu'il produit jouent ainsi un rôle majeur dans l'activité socio-économique de la France, comme pour les autres pays avancés : ils influent ainsi sur l'optimisation des déplacements aériens, terrestres et maritimes, l'optimisation des activités agricoles et forestières, l'optimisation de la construction et de l'urbanisme, la sécurité des personnes et des biens, la planification d'actions militaires sur un théâtre d'opérations extérieur, etc...

Au plan international, plusieurs études ont déjà été conduites pour évaluer l'intérêt socio-économique de la prévision météorologique. Par exemple, le retour socio-économique du service public météorologique britannique a été évalué en 2015 à au moins 2 milliards d'euros par année pour le Royaume-Uni pour les secteurs de l'aviation, des transports terrestres, de la prévention des crues et des tempêtes et plus généralement pour l'activité économique et sociale du pays. (cf. *Public Weather Service Value for Money Review*¹, Mars 2015).

Au plan européen, l'organisation européenne pour l'exploitation des satellites météorologiques, EUMETSAT, a également étudié le rapport coût-bénéfice des programmes satellitaires (cf. *par exemple EUMETSAT socio-economic benefit studies*², juin 2014). Cette étude évalue le rapport coût-bénéfice des satellites MetOp de seconde génération à orbite polaire à un niveau minimal de 5 et plus probablement excédant 20.

Au plan national, conformément à la loi du 31 décembre 2012 rendant obligatoire, pour l'ensemble des investissements publics, la réalisation d'une évaluation socio-économique, une étude a été conduite pour le renouvellement des moyens de calculs intensifs de Météo-France (Évaluation socio-économique du projet d'augmentation de puissance du supercalculateur de Météo-France, automne 2016). Elle conclut que pour 1 euro investi en calcul intensif, une valeur ajoutée nette de 12 euros est créée.

.../...

¹ - <https://www.metoffice.gov.uk/about-us/what/pws/value>

² - http://www.wmo.int/pages/prog/sat/meetings/documents/CM-12_Doc_03-02-01_EUMETSAT-EPS-CostBenefitStudy.pdf

Monsieur Michel YAHIEL
Commissaire général
France Stratégie
18 rue de Martignac
75700 PARIS CEDEX 7

Hôtel de Roquelaure - 246, boulevard Saint-Germain - 75007 Paris - Tél : 33 (0)1 40 81 21 22
www.ecologique-solidaire.gouv.fr

Après contre-expertise, le Commissariat général à l'investissement a ainsi donné un avis très favorable au projet d'augmentation de la puissance du supercalculateur de Météo-France le 5 décembre 2016.

Cette évaluation ne concernant que le champ des moyens de calcul de Météo-France, il me semble nécessaire d'élargir le champ de l'évaluation socio-économique à l'ensemble des activités de Météo-France, tant en ce qui concerne les données que les services produits. France Stratégie me paraît tout à fait légitime et pertinent pour mener cette étude et des premiers contacts positifs ont été pris entre vos services et les miens à ce sujet. Je souhaite donc que France Stratégie réalise cette étude.

Elle devra notamment prendre en considération les domaines des 21 politiques publiques identifiées comme prioritaires par le programme Action Publique 2022, lancé par le Premier ministre le 26 septembre dernier, dont l'Enseignement supérieur et recherche, la Défense, l'Outre-Mer, les Sécurités, le Soutien à l'agriculture et la forêt, la politique des Transports, l'Énergie et le Logement.

Les résultats de cette étude prendront pleinement leur place dans la démarche Action publique 2022, à laquelle Météo-France doit apporter sa contribution dans le courant du premier trimestre de l'année 2018. Aussi, serait-il opportun que vous puissiez me faire part de vos conclusions pour le mois de mars 2018. J'ai demandé au président-directeur général de Météo-France de mettre à votre disposition toutes les données nécessaires à l'étude que vous allez mener.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le commissaire général, l'expression de ma considération la plus distinguée.



Nicolas HULOT

Copie à :

- M. Jean-Marc Lacave, PDG de Météo France
- Mme Laurence Monnoyer-Smith, Commissaire Générale au développement durable



Directeur de la publication

Gilles de Margerie, commissaire général

Directeur de la rédaction

Fabrice Lengart, commissaire général adjoint

Secrétaires de rédaction

Olivier de Broca, Sylvie Chasseloup

Contact presse

Jean-Michel Roullé, directeur du service Édition/Communication/Événements

01 42 75 61 37, jean-michel.roulle@strategie.gouv.fr

RETROUVEZ
LES DERNIÈRES ACTUALITÉS
DE FRANCE STRATÉGIE SUR :



www.strategie.gouv.fr



[francestrategie](https://www.facebook.com/francestrategie)



[@Strategie_Gouv](https://twitter.com/Strategie_Gouv)

Les opinions exprimées dans ce rapport engagent leurs auteurs et n'ont pas vocation à refléter la position du gouvernement.



FRANCE STRATÉGIE



France Stratégie est un organisme d'études et de prospective, d'évaluation des politiques publiques et de propositions placé auprès du Premier ministre. Lieu de débat et de concertation, France Stratégie s'attache à dialoguer avec les partenaires sociaux et la société civile pour enrichir ses analyses et affiner ses propositions. Elle donne à ses travaux une perspective européenne et internationale et prend en compte leur dimension territoriale.